Die Bedeutung der Dieselmaschine für die Volkswirtschaft

unter besonderer Berücksichtigung der deutschen Verhältnisse.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der staatswissenschaftlichen Doktorwürde

genehmigt

von der Philosophischen Fakultät

der

Friedrich-Wilhelms-Universität

zu

Berlin.

Von

Kurt Danielewicz

aus Berlin.

Tag der Promotion: 25. Februar 1930

Tag der mündlichen Prüfung: 25. Februar 1928

300

Referenten:

Professor Dr. H. Schumacher

Professor Dr. W. Sombart

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Dem Andenken
meines unvergesslichen Vaters,
meines besten Lehrers und Freundes.

Vorwort.

In noch viel zu geringem Masse ist in Deutschland die Kenntnis von der Technik und ihren Werken verbreitet. Obgleich unsere Zeit das Zeitalter der Technik genannt wird, haben bis jetzt nur wenige Wirtschaftler die Einwirkungen grosser technischer Erfindungen auf das Wirtschaftsleben näher behandelt. Die Techniker bei uns aber beschäftigen sich, abgesehen von den Führern unserer Industrie, noch viel zu wenig mit wirtschaftlichen Fragen. Die vorliegende Arbeit will als ein kleiner Baustein zu der Brücke betrachtet werden, die den Wirtschaftler und den Techniker einander näher bringen soll. Das geschieht, indem versucht wird, die wirtschaftliche Seite eines technischen Problems, die Bedeutung einer Maschine für die Wirtschaft darzulegen.

Die Abfassung der Arbeit wurde sehr dadurch erschwert, dass, während die technische Literatur über diese Maschine sehr ausgedehnt ist, wirtschaftliches Material meist nur aus den einschlägigen Zeitschriften gewonnen werden konnte. Auch statistische Angaben über die Zahl und Leistung der im Betrieb befindlichen Dieselmotoren waren ausser der deutschen Kraftmaschinenzählung vom Jahre 1925, deren Endergebnis aber erst nach Fertigstellung der Arbeit erschien und daher nur noch in einer Anmerkung berücksichtigt werden konnte, in keinem Lande zu erhalten. Ebenso war über die Produktionszahlen der Dieselmaschinen-Industrie ausser einigen dankbar begrüssten Angaben der grössten Firmen nur aus Amerika genaueres zu bekommen.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550822_0129

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung. Seite

I. Die Kraftmaschinen 1
II. Geschichte der Dieselmaschine 2
III. Die technischen Grundlagen der Dieselmaschine . . . 4

A. Die wirtschaftlichen Grundlagen der Dieselmaschine im Vergleich mit denen der anderen Wärmekraftmaschinen 6
I. Anlagekosten und Platzbeanspruchung 7
II. Die Betriebskosten 8
a) Wärmeverbrauch und Wärmepreis 8
b) Unterhaltung und Bedienung 14

B. Benutzung der Dieselmaschine in den verschiedenen Wirtschaftszweigen 16
I. Die Dieselmaschine als ortsfeste Kraftmaschine 16
a) In öffentlichen Kraftwerken 17
1. Kleine Anlagen bis zu etwa 3 000 kW Maschinenleistung 18
2. Mittlere Werke bis zu etwa 10 000 kW Maschinenleistung 20
3. Grosse Zentralen über 10 000 kW Maschinenleistung . 23
b) In der Industrie 25
1. Bei reiner Krafterzeugung 25
2. Bei Kraft- und Wärmebedarf 28
c) Im Handwerk 30
d) In der Landwirtschaft 32
e) Sonstige Verwendung 33
II. Der Dieselmotor als Antriebsmaschine für Fahrzeuge . . 34
a) In der Schiffahrt 34
1. Auf grossen Motorschiffen im Ueberseeverkehr . . . 35
(a) Die Entwicklung der Motorschiffe 35
(b) Einige Zahlen über Motorschiffe und Motorschiffbau 37
(c) Motorschiff oder Dampfschiff? 46
(d) Bemerkenswerte Motorschiffsbauten der letzten Zeit 51
(e) Einfluss der Dieselmotoren auf die Weltschiffahrt . 53
2. Der Dieselmotor als Hilfsmaschine auf See und als Antriebsmaschine in der Küsten- und Binnenschiffahrt 54
(a) Als Hilfsmaschine auf Grosssegelschiffen 54
(b) Im Küsten- und Hafenverkehr 56
(c) Auf Schleppern und Frachtschiffen im Flussverkehr 56
b) Der Dieselmotor im Landverkehr 58
1. Als schienengebundenes Transportmittel 58
(a) Die Diesellokomotive 58
(1) Ihre verschiedenen Ausführungsformen . . . 58
(2) Die Vorzüge der Diesellokomotive 61
(3) Die Wirtschaftlichkeit der Diesellokomotive . . 62
(4) Die Anwendungsgebiete der Diesellokomotive . . 63
(b) Der Triebwagen mit Dieselmotor 64
2. Der Dieselmotor im Strassenverkehr 65
(a) Kraftwagen 65
(b) Schlepper 66
c) Im Luftverkehr 66

C. Die Brennstoffe der Dieselmaschine 67
I. Allgemeines über die Dieseltreibstoffe 67
a) Die Erdöldestillate 67
b) Die Dieseltreibstoffe aus Kohle, Torf und Schiefer . . 68
1. Die Dieselöle aus der Braunkohle 68
2. Die Treibstoffe aus der Steinkohle 68
3. Die Oele aus Torf und Schiefer 69
c) Die Oele tierischer und pflanzlicher Herkunft 69
II. Der Einfluss des Dieselmotors auf die Weltölwirtschaft und umgekehrt 70
III. Die Deckung des Treibölbedarfs der deutschen Dieselmaschinen 71
D. Die Dieselmaschine und das Standortsproblem 73
E. Wieviel Dieselmaschinen sind im Betrieb und welche Gesamtleistung stellen sie dar? 74
I. Allgemeines über die vorhandenen Angaben 74
II. Die Leistung der deutschen Dieselmotoren 75
III. Die Leistung der amerikanischen Dieselmotoren . . . 78
IV. Die Dieselmaschinen-Leistung der Erde 79
F. Die Dieselmaschinen-Industrie 79
I. Die grössten Dieselmaschinen-Firmen der Welt . . . 79
II. Der Umfang des Dieselmotoren-Baues 80
III. Die Arten der Dieselmaschinen bauenden Werke und ihr Standort 82
G. Der Dieselmaschinen-Aussenhandel 83
I. Im Ausland 83
II. In Deutschland 84
Schluss 86
Literaturverzeichnis 87

Die Bedeutung der Dieselmaschine für die Volkswirtschaft,

unter besonderer Berücksichtigung der deutschen Verhältnisse.

Einleitung.

I. Die Kraftmaschinen.

Von allen Fragen der heutigen Technik beansprucht das Krafterzeugungsproblem den ersten Platz in einer volkswirtschaftlichen Betrachtung. Hierbei handelt es sich zunächst um die Versorgung der modernen Wirtschaft eines Volkes mit denjenigen ausserordentlich grossen und täglich wachsenden Energiemengen, die die heutige Produktion und das Leben der Kulturmenschen benötigt, und ferner um die Fragen der wirtschaftlichsten Art der Erzeugung dieser Kräfte und der hierfür geeignetsten Maschinen. Dies letztere ist besonders für Deutschland von grösster Bedeutung, da wir es uns heute, nach dem verlorenen Kriege, auf keinem Gebiete leisten können, unwirtschaftlich zu arbeiten und so nicht nur die uns von der Natur gespendeten Kräfte und Kraftstoffe zu vergeuden, sondern auch unsere Produktionskosten unnötig zu verteuern. Rathenau sagte in einem Vortrag, den er während des Krieges im Hinblick auf die Nachkriegswirtschaft hielt:[1]) „Wir haben sorgfältiger umzugehen mit der kalorischen Energie, die uns die Sonne einmal geschenkt hat in Form unserer Kohlen und die sie uns nie wieder schenken wird; wir haben sorgfältiger und entschlossener umzugehen mit den Kräften, die abermals die Sonne uns spendet, indem sie das Wasser emporzieht auf die Höhen und es in Stromgefällen ins Tal herniederfahren läßt. Die Politik unserer Kraftverteilung wird eine der Grundfragen unserer Wirtschaft bilden."

Wir unterscheiden zwei Hauptarten von Maschinen, die Arbeitsmaschinen und die Kraftmaschinen.

Arbeitsmaschinen sind Maschinen, welche „die Stoffe teilen oder zusammenfügen" und so Arbeiten, die der Mensch in früheren Zeiten in mühseliger Handarbeit mit meist wenig zulänglichen Werkzeugen ausführte, heute schneller und weit billiger verrichten.

---

[1]) Walter Rathenau, Probleme der Friedenswirtschaft, Berlin 1917, S. 29.

Kraftmaschinen dagegen nennen wir Maschinen, welche die vorhandenen Naturkräfte benutzen und sie durch einen „technischen Prozess“ in Kräfte verwandeln, die wir zum Antrieb der Arbeitsmaschinen und zur Fortbewegung von Fahrzeugen benötigen. Eine besondere Abart hiervon sind die Maschinen zur Erzeugung von elektrischem Strom, welche, stets mit einer eigentlichen Kraftmaschine gekuppelt, die in dieser erzeugte Kraft in Elektrizität umwandeln.

II. Geschichte der Dieselmaschine.

Nachdem bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts die Wind- und Wasserräder die einzigen durch Naturkräfte betriebenen Kraftmaschinen waren, ermöglichte die um 1770 von James Watt erfundene Dampfmaschine erst eine industrielle Entwicklung. Sie war die erste Kraftmaschine, die weder an ein nur zeitweiliges Auftreten von Naturkräften (Wind) noch an den Ort (Wasser) gebunden war.

Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts entstand ihr eine Konkurrentin in der Gasmaschine. 1883 traten Parsons und de Laval mit ihren Dampfturbinen hervor, und 1893 muss als das Entstehungsjahr der Dieselmaschine bezeichnet werden.

Damals nämlich erschien eine Schrift Rudolf Diesels über „Die Theorie und Konstruktion eines rationellen Wärmemotors“[2]), welche die Grundlage für die Entstehung des Dieselmotors gebildet hat. Diese Maschine hat für die deutsche Technik insofern noch eine besondere Bedeutung, als sie die einzige bedeutende Kraftmaschine ist, die nicht nur von einem deutschen Ingenieur erfunden wurde, sondern auch ihre praktische Ausführung und erste Entwicklung in Deutschland und durch deutsche Firmen gefunden hat.[3])

Rudolf Diesel war am 18. März 1858 als Sohn deutscher Eltern in Paris geboren[4]) und hatte in München studiert. Seine 1893 erschienene Schrift, die wir oben erwähnten, wurde von vielen Seiten heftig angegriffen, jedoch von drei Männern von Ruf, den Professoren Linde, Zeuner und Schröter unterstützt, die „die erfindersichen Grundgedanken und die daran geknüpften theoretischen Erörterungen“ für richtig erklärten.[5]) Diese Gutachten waren es, die die Firmen Maschinenfabrik Augsburg und Friedrich Krupp, Essen veranlassten, „die neuen Ideen praktisch zu erproben.“[6]) In

---

[2]) Herm. Franz, Rohölbootsmotoren, Berlin 1919, S. 9.

[3]) Andere Kraftmaschinen, wie z. B. die Dampfturbine, die sich schon 1877 der deutsche Ingenieur Adolf Müller in Osnabrück in der gleichen Form wie sechs Jahre später Parsons durch ein Patent hatte schützen lassen (vgl. Zeitschr. f. d. gesamte Turbinenwesen, Jahrg. 1904, S. 140) haben ihre Verwirklichung im Ausland, meist in dem in der Technik früher führenden England gefunden.

[4]) Z.V.D.I. (Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure) Jahrg. 1913, S. 1649.

[5]) Rudolf Diesel, „Die Entstehung des Dieselmotors“ Berlin 1913, S. 5.

[6]) Rudolf Diesel a. a. O. S. 6.

den folgenden Jahren wurden unter Diesels Leitung in Augsburg Versuchsmotoren gebaut, die aber zuerst keinen Erfolg hatten. Erst im Februar 1897 konnten die ersten Messungen an einem Motor vorgenommen werden, „die zum ersten Mal den erstaunlich geringen Brennstoffverbrauch des Dieselmotors zeigten.“[7]) Die jahrelangen Versuche hatten die beiden beteiligten Firmen grosse Geldmittel gekostet.

Die Kunde von diesem grossen Erfolge des neuen Motors führte viele Interessenten aus dem In- und Ausland nach Augsburg, so dass kurz nacheinander zahlreiche deutsche und ausländische Lizenzverträge abgeschlossen werden konnten.[8])

Die Aktiengesellschaft „Union“ in Kempten, eine Zündholzfabrik, war der erste Kunde, der bei der Maschinenfabrik Augsburg einen Dieselmotor bestellte, der im November 1897 zur Aufstellung kam und 76 PS[9]) leistete[10]). Aber die Maschine machte viele Schwierigkeiten und lief erst im Jahre 1900, nach verschiedenen Umbauten, einwandfrei. Jetzt erst wurde in der ganzen Welt der Bau von Dieselmotoren von den Lizenznehmern, deren Zahl 1901 schon 27 betrug, aufgenommen.[11]) Es war ein Fehler gewesen, den Motor, der 1897 noch nicht genügend erprobt und daher noch nicht „marktfähig“ war, zu verkaufen.

In Deutschland begann jetzt ein reger Verkauf von Dieselmotoren. 1902 erhielt die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg (M. A. N.), zu der sich die Maschinenfabrik Augsburg mit der Maschinenfabrik Nürnberg vereinigt hatte, einen Auftrag auf eine 1600 PS Anlage für eine Strassenbahn in Russland, das bis zum Kriege das Hauptausfuhrland für deutsche Dieselmotoren war. 1904 begann die Friedr. Krupp Germaniawerft in Kiel mit dem Bau von Dieselmotoren für russische Unterseeboote[12]); dies waren mit die ersten Motoren dieser Bauart, die für Schiffsmaschinenantrieb hergestellt wurden.

Die Herstellung von Dieselmotoren und ihre Grösse wuchs schnell von Jahr zu Jahr, und als Diesel am 30. September 1913 starb[13]) — er verschwand

---

[7]) „Dieselmaschinen II“ (Sonderheft des V.D.I.-Verlages) Berlin 1926, S. 31.

[8]) Rudolf Diesel a. a. O. S. 79.

[9]) Eine Pferdestärke (PS), eins der Masse, mit dem man die Leistung einer Kraftmaschine misst, ist gleich einer Arbeit von 75 Meterkilogramm pro Sekunde (75 mkg/sek).

[10]) Diesel a. a. O. S. 87.

[11]) „Dieselmaschinen II“ (Sonderheft des V.D.I.-Verlages, Berlin 1926), S. 32.

[12]) C. Regenbogen, „Der Dieselmotorenbau auf der Germaniawerft.“ Sonderabdruck aus dem Jahrbuch der „Schiffbautechnischen Gesellschaft“ 1913 S. 6.

[13]) Z.V.D.I. 1913, S. 1649 f.

bei einer Ueberfahrt nach England von Bord und scheint Selbstmord begangen zu haben — waren schon rund 300 Schiffe mit Dieselmaschinenantrieb neben die Dampferflotte der Welt getreten und Motoren mit Leistungen bis zu 1 000 PS in einem Zylinder erreicht.[14])

In den nun folgenden Kriegsjahren entwickelten sich in Deutschland hauptsächlich die leichten, schnell laufenden Ubootsmotoren, die, wie bekannt, in grosser Zahl gebraucht wurden, während man ortsfeste Motoren nur sehr wenig baute. In den anderen kriegführenden Ländern, mit Ausnahme von Amerika, das ja wirtschaftlich nicht unter dem Kriege zu leiden hatte, war es ähnlich. Nur in den neutralen Staaten, besonders in Dänemark, Holland und in der Schweiz, ging die Weiterentwicklung der Dieselmaschine, hauptsächlich zum Antrieb von Handelsschiffen, mit Riesenschritten vorwärts.

Gleich nach Kriegsschluss setzte aber in Deutschland, wie auch in allen anderen Ländern, der Bau in verstärktem Masse wieder ein. Heute steht Deutschland wieder an der Spitze der Dieselmaschinen bauenden Länder, wie die 1926 bei den Hamburger Elektrizitätswerken in Betrieb genommene 15 000 PS Maschine beweist, die bis jetzt der grösste Dieselmotor der Welt ist.[15]) „Wenn wir daran denken, dass vor 2 bis 3 Jahren eine Leistung von 5 000 PS eff. in einer Einheit als ausserordentlich hoch angesehen wurde, und in Betracht ziehen, dass wir heutzutage von Einheiten von 30 000 PS eff. und noch grösser sprechen können, so wird es klar sein, wie riesig sich der Gross-Dieselmotorenbau in den letzten Jahren entwickelt hat.“[16])

III. Die technischen Grundlagen der Dieselmaschine.

Wir unterscheiden zwei Arten von Wärmekraftmaschinen[17]), die Dampfmaschinen und die Verbrennungskraftmaschinen.

Die Dampfmaschinen, eingeteilt in Kolbendampfmaschinen und Dampfturbinen[18]), brauchen ausser der eigentlichen Kraftmaschine noch eine Kesselanlage, in der durch Verbrennung irgendeines Brennstoffes Hitze erzeugt und dadurch Wasser in den als eigentliches Treibmittel benötigten Dampf überführt wird.

---

[14]) „Dieselmaschinen II“ (Sonderheft des V.D.I.-Verlages) Berlin 1926. S. 32.

[15]) „Kraft und Stoff“ Beilage der „Deutschen Allgemeinen Zeitung“ vom 2. 5. 1926.

[16]) M. Seiliger, „Die Hochleistungs-Dieselmotoren.“ Berlin 1926. S. 205.

[17]) Wärmekraftmaschinen sind Kraftmaschinen, die nicht unmittelbar durch eine Naturkraft (Wind, Wasser), sondern durch einen chemischen Prozess, die Verbrennung der in der Natur augenblicklich noch reichlich vorhandenen Brennstoffe (Kohle, Oel, Gas usw.) direkt oder unter Zuhilfenahme eines Mediums (Dampf) Kraft erzeugen.

[18]) Die Kolbendampfmaschinen benutzen die Ausdehnung des Dampfes zum Vortreiben eines Kolbens, während die Dampfturbinen die Strömungsenergie des ausströmenden Dampfes dazu verwenden, eine Rad in Drehung zu versetzen.

Bei den Verbrennungskraftmaschinen dagegen, eingeteilt in Explosionsmotoren und Verbrennungs- oder Gleichdruckmotoren, geht, wie schon ihr Name sagt, die Verbrennung in der Maschine selbst vor sich. In den Explosionsmotoren, zu denen die Gasmaschinen und die Leichtölmotoren (Benzin, Benzol, Petroleum usw.) gehören, wird ein Gemisch von fein verteiltem Brennstoff und Luft in den Zylinder eingeführt, dort zusammengepresst und durch eine Flamme oder einen elektrischen Funken zur Explosion gebracht.

Den Haupttyp der Gleichdruckmotoren bilden die Dieselmaschinen. In Anlehnung an eine Definition von Professor Nägel (Dresden) bezeichnen wir als Dieselmotor „eine Verbrennungsmaschine, deren Zylinderluft ohne Brennstoff so hoch verdichtet wird, dass die Erwärmung hierbei genügt, den erst kurz vor dem Verdichtungstotpunkt[19]) eingeführten Brennstoff zu entzünden, gleichviel, auf welche Weise er in den eigentlichen Brennraum gelangt.“[20]) Hierin sind die beiden Hauptpunkte klar gekennzeichnet, die Kompression reiner Luft, die bis zu 35 at[21]) geführt wird, und die sich daraus ergebende Erwärmung der Luft bis auf 600 bis 700° C[22]), die bewirkt, dass der Brennstoff, der in mikroskopisch fein verteiltem Zustande eingespritzt wird, ohne Zuhilfenahme einer besonderen Zündvorrichtung von selbst verbrennt.

Am häufigsten werden Dieselmotoren in stehender Bauart ausgeführt, wobei mehrere Zylinder nebeneinander angeordnet eine Maschine bilden, indem sie dieselbe Welle antreiben. Am gebräuchlichsten sind Drei- bis Sechszylindermaschinen, doch kommen, besonders im Schiffsmaschinenbau, auch bis zu Zwölfzylindermaschinen vor.

Die Dieselmaschinen werden nach dem Viertakt- oder nach dem Zweitaktverfahren gebaut. Bei dem ersten macht der Kolben zwischen zwei Brennstoffeinspritzungen zwei Hin- und Hergänge, bei denen die Verbrennung erfolgt, das verbrannte Gemisch aus dem Zylinder herausgepresst, frische Luft angesaugt und zusammengepresst wird; hierbei ist also nur jeder vierte Hub des Kolbens ein Arbeitshub. Beim Zweitaktverfahren dagegen werden obige vier Takte in zwei zusammengezogen, wobei beim Hinaufgehen des Kolbens frische Luft in den Zylinder gesaugt und dann komprimiert

---

[19]) Verdichtungstotpunkt ist die Stelle im Zylinder, an der der Kolben auf seinem Verdichtungswege den höchsten Punkt erreicht hat und wieder zurückzugehen anfängt.

[20]) Fr. Schultz, „Der kompressorlose Betrieb von Dieselmotoren“ („Dieselmaschinen II“ Sonderheft des V.D.I.-Verlages, Berlin 1926, S. 89.)

[21]) Eine Atmosphäre (at) nennt man den Druck, den die über uns befindliche Luftsäule bei normalem Barometerstand in Höhe des Meeresspiegels auf einen Körper ausübt. Er beträgt 1 kg/qcm (1 kg pro qcm).

[22]) Friedrich Barth, „Die zweckmässigste Betriebskraft II“, Sammlung Göschen Bd. 225, Dritte Auflage, S. 39. Berlin und Leipzig.

wird; beim Herabgehen des Kolbens, nach der Brennstoffeinspritzung, erfolgt die Verbrennung und die Reinigung des Zylinders von den verbrannten Gasen durch Spülluft[23]).

Während die Viertaktmaschinen infolge der durch die grössere Ungleichförmigkeit ihres Laufes benötigten grösseren Schwungmassen bei gleicher Umdrehungszahl pro PS schwerer werden als die Zweitaktmaschinen, sind diese mit zwei Luftpumpen (für Ladung und Spülung) belastet, die wieder das Viertaktverfahren nicht kennt[24]), da hier der Kolben diese Arbeit ausführt.

Der Brennstoff wurde bisher bei grossen Dieselmaschinen und bei den kleineren Motoren älterer Bauart durch verdichtete Luft eingeblasen, zu deren Erzeugung eine besondere kleine Maschine, ein Kolbenkompressor, benötigt wird. Dieser verbraucht aber einen Teil der erzeugten Kraft und verteuert die Maschine unnötig. Schon Diesel plante daher eine kompressorlose Maschine und machte auch in dieser Richtung Versuche, die aber misslangen[25]). Erst nach dem Kriege begann ihre Einführung, nachdem sie erstmalig schon 1908 von der englischen Firma „Vickers“ und von der „Deutzer Gasmotorenfabrik“ ausgeführt waren.[26]) Bei ihnen wird der Brennstoff entweder durch eine besondere Brennstoffpumpe, die ihn auf sehr hohen Druck (bis zu 200 at und darüber) bringt oder durch die sogenannte Vorkammerverbrennung eingespritzt.

A. Die wirtschaftlichen Grundlagen der Dieselmaschine im Vergleich mit denen der anderen Wärmekraftmaschinen.

Um die Bedeutung einer Kraftmaschine vom wirtschaftlichen Standpunkt betrachten zu können, muss man zunächst die Anlage- und Betriebskosten, das Brennstoffproblem und die Raumbeanspruchung ins Auge fassen. Von diesen soll hier das Brennstoffproblem nur kurz gestreift werden, da ihm weiter unten ein besonderer Abschnitt gewidmet ist.

Die Anlagekosten und die Raumbeanspruchung haben mehr privatwirtschaftliche Bedeutung, wenn auch ein gewisses volkswirtschaftliches Interesse insofern vorhanden ist, als durch sie grössere Kapitalien gebunden und damit dem Verkehr entzogen werden. Auch die Betriebskosten und die Brennstoffrage sind natürlich, vom privatwirtschaftlichen Standpunkt gesehen, von grösster Wichtigkeit, aber bei ihnen überwiegt doch die volks-

---

[23]) Seufert, „Bau und Berechnung der Verbrennungskraftmaschinen“ Berlin 1922, S. 3.

[24]) Löffler-Riedler, „Oelmaschinen“, Berlin 1916, S. 18.

[25]) Z. V.D.I. Jahrgang 1921, S. 53.

[26]) Nägel, „Die Dieselmaschine der Gegenwart“ („Dieselmaschinen“ Sonderheft des V.D.I.-Verlages, Berlin 1923) S. 29.

wirtschaftliche Bedeutung, denn die Betriebskosten einer Kraftmaschine kommen in den Preisen der mit ihrer Hilfe erzeugten Waren zum Ausdruck und erschweren bei zu grosser Höhe deren Absatz im Inland, ebenso wie den für uns heute so notwendigen Export. Die Brennstoffrage aber ist von grösster Wichtigkeit für die Volkswirtschaft besonders in Deutschland, da wir einerseits gezwungen sind, unsere durch den Friedensvertrag verkleinerten heimischen Brennstoffvorräte möglichst günstig auszunutzen und andererseits versuchen müssen, die Einfuhr der nicht bei uns vorkommenden Brennstoffe im Interesse unserer Handelsbilanz möglichst einzuschränken und sie, wo angängig, durch einheimische Stoffe zu ersetzen.

I. Anlagekosten und Platzbeanspruchung.

Zahlenmässig kann man über die Anlagekosten keinerlei Angaben machen, da sie zu sehr von den besonderen Verhältnissen jeder Anlage abhängen. Im allgemeinen kann man jedoch sagen, dass sie bei den Dieselmaschinen, die ja von den kleinsten bis zu den grössten Leistungen ausgeführt werden und hierbei mit den verschiedensten Kraftmaschinenarten konkurrieren müssen, am höchsten sind. Das kommt daher, dass die Bearbeitung der Dieselmaschinen mit äusserster Genauigkeit ausgeführt werden muss, und dass, wegen der hohen Drucke und Wärmebeanspruchungen, nur die besten Materialien verwendet werden können. Die hohen Anlagekosten machen sich besonders bei ganz grossen Leistungen über 3000 PS, bei denen die Dieselmaschine mit der Dampfmaschine im Wettbewerb steht, und bei kleinen Maschinen bis zu 30 PS, wo ihr die Vergasermaschine und der Elektromotor gegenübertreten, unangenehm fühlbar. Im mittleren Leistungsbereich sind die Differenzen nicht so gross, da die Kolbendampfmaschinen hier durch die Kesselanlage und die Sauggasmaschinen, die bis etwa 300 PS in Frage kommen, durch den Generator verteuert werden; nur die Lokomobilen sind bedeutend billiger.

Betrachtet man den für Dieselmaschinen nötigen Raum, der ja auch bei den Anlagekosten mitspricht, so kann man feststellen, dass sie in der Grundfläche bei grösseren Leistungen weniger Platz beanspruchen, als andere Kraftmaschinenanlagen, was besonders in Städten und auf Schiffen von Bedeutung ist. In der Höhe sind sie allerdings oft grösser. Beides ist jedoch nur bei der stehenden Ausführung gültig.

Der höhere Anschaffungspreis der Dieselmaschine wird da, wo sie mit Dampfmaschinen in Konkurrenz steht, zum Teil dadurch kompensiert, dass ausser dem Maschinenraum für sie keinerlei weitere Baulichkeiten nötig sind, während die Dampfmaschinen noch den Kesselraum benötigen. Auch der vielfach bei den letzteren sehr teure Schornsteinbau fällt hier fort. Ueber das Verhältnis der festen Kosten, die hauptsächlich aus der Verzinsung und Abschreibung der Anlagekosten bestehen, zu den Betriebskosten ist in der weiter unten folgenden Tabelle 8 ein Beispiel gegeben.

II. Die Betriebskosten.

Die Betriebskosten einer Kraftmaschinenanlage setzen sich aus mehreren Teilen zusammen, die bei den verschiedenen Kraftmaschinen in ihrer Bedeutung nicht gleich sind und ausserdem sehr von den örtlichen Verhältnissen und der Art des Betriebes abhängen. Man kann sie in direkte, veränderliche und indirekte, feste Ausgaben einteilen.[27]) Zu den letzteren gehören die Abschreibungen und Zinsen der Anlagekosten für Maschinen und Gebäude, die sich aus den obengenannten Anlagekosten ergeben, also die Kapitalkosten und die Kosten für die Verwaltung, Steuern, öffentliche Abgaben, Versicherungen usw.; auch die Reparaturkosten, die zur Erhaltung der Anlage beitragen und meist mit einem bestimmten Prozentsatz unter den Kapitalkosten vorgesehen sind, werden hierzu gerechnet. Die festen Betriebskosten spielen eine besondere Rolle in Betrieben, in denen die Kraftmaschnen nicht gut ausgenutzt werden, d. h. stets nur kurze Zeit laufen, da sie auch beim Stillstand der Maschinen gleichmässig hoch bleiben. Hier sind daher Dieselmaschinenanlagen, falls sie nicht aus anderen, später zu erwähnenden Gründen gewählt werden, weniger am Platze.

a) Wärmeverbrauch und Wärmepreis.

Zu den direkten Betriebskosten gehören die Ausgaben für Brennstoff und Wasser, sowie für Reinigung, Schmierung und Bedienung. Von diesen sind die Brennstoffkosten, die uns aus volkswirtschaftlichen Gründen am meisten interessieren, bei weitem am wichtigsten. Sie ergeben sich aus zwei Faktoren, dem Wärmeverbrauch der Kraftmaschine und dem Brennstoffpreis.

Der Brenstoffverbrauch hängt von der Ausnutzung der der Maschine zugeführten Wärmemenge ab. Die in den einzelnen Brennstoffen enthaltenen Wärmemengen sind aber verschieden hoch, so dass ein Vergleich des Wärmeverbrauchs auf Grund der benötigten Brennstoffgewichte nicht angängig ist. Man misst daher die den Maschinen zugeführte und in ihnen verwertete Wärmemenge in einem besonderen Mass, der Kalorie (kcal).[28])

Aus Tabelle 1 ergeben sich die Heizwerte der hauptsächlichsten Brennstoffe, die für unsere Kraftmaschinen verwendet werden.

---

[27]) Barth, „Wahl, Projektierung und Betrieb von Kraftanlagen", Berlin 1922. S. 71.

[28]) Ein Reichsgesetz vom 7. 8. 1924 definiert eine Kilokalorie (kcal), früher Wärmeeinheit (WE) genannt, als die Wärmemenge, die erforderlich ist, um 1 kg Wasser bei Atmosphärendruck von 14,5 bis 15,5° C zu erwärmen. („V.D.I. Nachrichten" vom 3. 3. 1926).

Tabelle 1.

Heizwerte verschiedener Brennstoffe.[29])

Brennstoff	Heizwert in kcal pro kg bzw. pro cbm	Verwendung
Steinkohle	7 300	Unter Dampfkesseln und zur Gaserzeugung
Braunkohlenbriketts . .	4 800	
Rohbraunkohle . . .	3 600	
Torf	3 800	
Gasöl (aus Erdöl) . .	10 000	Unter Dampfkesseln und in Dieselmaschinen
Solaröl (aus Braunkohlenteer)	10 100	
Anthrazenöl (aus Steinkohlenteer)	8 960	
Hochofengas	1 030	In Großgasmaschinen

Aus den angegebenen Zahlen ersehen wir, dass die flüssigen Brennstoffe den höchsten Heizwert haben, es folgen die festen und zuletzt die gasförmigen.

Diese in den Brennstoffen enthaltenen Wärmemengen werden in den Kraftmaschinen nur zu einem kleinen Teil ausgenutzt, der grösste Teil geht bei der Umsetzung der Wärme in Kraft verloren. Die schlechteste Wärmeausnutzung haben die Dampfmaschinen, die beste die Dieselmaschine. Hierin liegt hauptsächlich die grosse Bedeutung und der Erfolg der Erfindungen Diesels.

In der Tabelle 2 ist der Wärmeverbrauch unserer wichtigsten Wärmekraftmaschinen in Wärmeeinheiten pro erzeugte Pferdekraftstunde und ihre Wärmeausnützung (Wärmewirkungsgrad) der im Brennstoff enthaltenen Wärmemengen zusammengestellt.

Die in dieser Beziehung überragende Stellung der Dieselmaschine ist hieraus klar zu ersehen. Die bessere Wärmeausnützung der Verbrennungskraftmaschinen gegenüber den Dampfmaschinen beruht z. T. darauf, dass die schon im Dampfkessel und in den Rohrleitungen zwischen Dampfkessel und Dampfmaschine entstehenden Wärmeverluste hier wegfallen. In der Tabelle 2 gelten die kleinen Verbrauchsziffern für gut ausgeführte und bediente Anlagen mit mittleren und grossen Leistungen, die höheren für kleine Maschinen mit schlechterer Ausführung, Instandhaltung und Bedienung. Die grosse Differenz zwischen den Zahlen der Dampfmaschinen ergibt sich ausserdem noch daraus, dass es sich einmal um Kolbendampfmaschinen mit Auspuffbetrieb, das andere Mal um Dampfturbinen mit Kondensation handelt, die die Wärme des benutzten Dampfes in das Kesselwasser zurückführen.

---

[29]) Die Zahlen sind der „Hütte, des Ingenieurs Taschenbuch“ 22. Auflage, Berlin 1915. 1. Bd. S. 458 und S. 476 entnommen und stellen Mittelwerte dar.

Tabelle 2.

Wärmeverbrauch und Wirkungsgrad verschiedener Kraftmaschinen.[30])

Art der Kraftmaschinen	Wärmeverbrauch in kcal / PS—std.	Gesamtwärmeausnützung in v.H.
Dampfmaschinen einschl. Kesselanlage .	3 500—10 000	6,3 — 18,1
Gasmaschinen mit Gaserzeuger . . .	2 800— 3 600	17,6 — 22,6
Gasmaschinen ohne Gaserzeuger . .	2 300 - 2 600	24,3 — 27,5
Dieselmaschinen	1 800— 2 000	31,6 — 35,1

Nicht nur privatwirtschaftlich betrachtet, sondern gerade vom Standpunkt des Volkswirtschaftlers aus, sind die Zahlen, besonders die der Dampfmaschinen, trostlos. Denn die Volkswirtschaft hat sich ja nicht nur mit der Gegenwart und nahen Zukunft zu beschäftigen, sondern sie sollte auch weit voraus denken. Deutschlands Vorrat an Steinkohlen ist zwar, soweit bis jetzt festzustellen war, der grösste von ganz Europa, und man schätzt seine Lebensdauer bei noch langsam steigendem Verbrauch und einer Abbaumöglichkeit bis 2 000 m Tiefe auf 1 000[31]) bis 2 000[32]) Jahre; aber doch wird einst diese Menge verbraucht sein, und die dann lebenden Generationen werden uns fluchen, die wir mit diesem kostbaren Rohstoff so schlecht wirtschaften, dass bei der Krafterzeugung durch Dampfmaschinen, die ja auch heute noch den grössten Teil unseres Kraftbedarfes decken, von 100 kg Kohle durchschnittlich 88 kg nutzlos vernichtet werden. Waren nun schon die Gasmaschinen demgegenüber ein grosser Fortschritt, so gilt das noch in weit höherem Masse von den Dieselmaschinen, bei denen sich dieser Wärmeverlust schon auf 65 v.H. ermässigt hat. Ob sich diese Zahl durch Erfindung neuer Kraftmaschinen überhaupt noch viel verbessern lässt, ist bei dem heutigen Stande der Technik nicht zu übersehen. Wahrscheinlich werden spätere Generationen, statt der barbarischen Form der Energieumsetzung durch Verbrennung in Kraftmaschinen, andere Wege einschlagen, indem sie die Kohle direkt in elektrische Energie umwandeln.

Um den Wärmeverbrauch der verschiedenen Kraftmaschinen noch klarer zu zeigen, sind in der folgenden Tabelle 3 statt der Wärmeeinheiten, von denen wir uns nur schlecht eine Vorstellung machen können, die Angaben in Kilogramm bzw. Kubikmetern der betreffenden Brennstoffe umgerechnet, was uns besser begreiflich ist. Für die verschiedenen Zahlen bei einer Maschinenart gelten die oben angegebenen Grundlagen.

---

[30]) Barth, a. a. O. S. 86.

[31]) Klingenberg in „Technik und Wirtschaft“ 1921 S. 208.

[32]) G. de Grahl, „Wirtschaftliche Verwertung der Brennstoffe“ München und Berlin, 1921 S. 20.

Tabelle 3.

Brennstoffverbrauch verschiedener Kraftmaschinen bei ununterbrochenem Betrieb.[33])

Art der Kraftmaschinen	Brennstoffverbrauch für 1 PSe—std.		
Dampfmaschinen einschl. Kesselanlage	0,47 — 1,33 kg	Steinkohlen von	7 500 kcal
Gasmaschinen mit Gaserzeuger	0,35 — 0,45 „	Anthrazit von	8 000 „
	0,58 — 0,75 „	Braukohlenbriketts v.	4 800 „
Gasmaschinen ohne Gaserzeuger	0,58 — 0,65 cbm	Koksofengas von	4 000 „
	2,60 — 2,90 „	Gichtgas von	900 „
Dieselmaschinen	0,18 — 0,20 kg	Gasöl von	10 000 „
	0,20 — 0,23 „	Steinkohlenteeröl v.	8 900 „

Jeder, der mit den Verhältnissen nicht näher vertraut ist, wird sich nun vielleicht wundern, dass bei den grossen Unterschieden in der Wärmeausnutzung überhaupt noch Dampfmaschinenanlagen gebaut werden, und die Dieselmaschine die Dampfmaschine noch nicht verdrängt hat. Aber hier spielen zwei rein wirtschaftliche Gründe eine Rolle, die dem technischen Vorteil die Wage halten. Einmal ist es die Weiterverwendung der schon für die Krafterzeugung benutzten Wärme, die in einem späteren Abschnitt behandelt wird, und zweitens die Frage der Brennstoffkosten und des sich daraus ergebenen Wärmepreises, die bei der Dieselmaschine ungünstig sind. Was versteht man unter dem Wärmepreis? Den Preis einer bestimmten Wärmemenge. Er kann auf den Brennstoff bezogen sein (meist auf 10 000 kcal) oder auf die Leistungseinheit einer bestimmten Zeiteinheit (1 PSe-std).[34]) So beträgt z. B. der Wärmepreis für Steinkohle von 7 300 kcal heute rund 3 Pf., der für unverzolltes Gasöl von 10 000 kcal rund 8 Pf.[35]) Rechnet man zu dem Gasölpreis den heute gültigen Zoll von RM 7,20 pro 100 kg hinzu, so verhält sich der Wärmepreis der Steinkohle zu dem des Gasöls beim Verbraucher wie 3 : 15,2 Hieraus wird schon klar, dass der Wärmeverbrauch für 1 PSe-std einer mit Gasöl betriebenen Dieselmaschine nur etwa ein Fünftel des Wärmeverbrauchs

---

[33]) Barth, a. a. O. S. 87.

[34]) Eine effektive Pferdekraftstunde (PSe-std) ist die Leistungsabgabe von 1 PS eine Stunde lang, an der Welle der Maschine gemessen. Den Gegensatz dazu bildet die PSi-std, die nicht an der Welle, sondern schon im Zylinder einer Maschine durch einen Indikator gemessen wird, und daher die noch zwischen dem Zylinder und der Welle durch Reibung usw. entstehenden Verluste unberücksichtigt läßt.

[35]) Die Preise verstehen sich bei Grossabnahme ab Grube des Ruhrgebietes bzw. ab Tankanlage in Hamburg und sind der Preistafel der „V.D.I.-Nachrichten“ vom 30. 10. 1929 entnommen.

einer mit Steinkohlen geheizten Dampfmaschine sein dürfte, wenn sie in den Brennstoffkosten gleich sein sollen. So gross ist die Differenz im allgemeinen aber nicht, wie aus der oben aufgestellten Tabelle des Wärmeverbrauchs der Kraftmaschinen zu ersehen ist.

Um das noch besser zum Ausdruck zu bringen, geben wir nachstehend in Tabelle 4 eine Zusammenstellung der Wärmepreise für 1 PSe-std einer Dampfturbine und einer Dieselmaschine in Deutschland. Die Zahlen stammen zwar aus der Zeit vor dem Kriege, da aber die Preise mit Ausnahme der einheimischen Teeröle heute ähnlich sind, hat sich das Verhältnis der einzelnen Zahlen zu einander nicht wesentlich verschoben.

Tabelle 4.

Zusammenstellung von Wärmepreisen.[36])[37])

Maschinengattung	Brennstoff	Preise für 100 kg frei Maschinenhaus M.	Wärmepreis für 1 PSe—std. bei Vollast im Mittel Pf.
Dampfturbine mit Kondensator	Steinkohlen	1,80 — 2,50	1,10
	Braunkohlen-Briketts .	1,60 — 1,82	1,44
	Rohbraunkohle . . .	0,20 — 0,35	0,56
	Maschinentorf	0,40 — 0,50	0,63
Diesel-maschine	galizisches Gasöl . ,	10,—	1,90
	Braunkohlenteeröl . .	10,—	1,90
	Steinkohlenteeröl mit Zündöl	3,80 — 4,25	1,02

In dieser Aufstellung ist es die letzte Zeile, die uns in die Augen springt, denn sie scheint mit dem vorher Gesagten im Widerspruch zu stehen. Hier ist ja ein Punkt von ausserordentlicher Bedeutung für die deutsche Volkswirtschaft; der Wärmepreis für 1 PSe-std Dieselmaschinenbetrieb mit Steinkohlenteeröl ist billiger als der bei Dampfturbinenbetrieb mit Steinkohlen, und Steinkohlenteeröl können wir in jeder gewünschten Menge im Inlande herstellen. Aber leider ist das eine verschwundene Herrlichkeit aus der Zeit vor dem Kriege, denn der Preis für 100 kg Steinkohlenteeröl ist von damals durchschnittlich 4,05 M auf heute etwa 12.— RM frei Maschinenhaus[38]), d. h. um rund 200% gestiegen.

---

[36]) „Technik und Wirtschaft“ 1912, S. 528.

[37]) Die angegebenen Zahlen galten 1912 für Maschinen neuester Bauart von 2000 PSe und für Vollast. Bei Teilbelastungen, die die Regel bilden, wird das Bild für Dieselmaschinen noch ungünstiger.

[38]) „V.D.I. Nachrichten vom 30. 10. 1929 (11.— RM + 1.— RM der Fracht vom Ruhrgebiet nach Berlin entsprechend).

Eine grössere Verschiebung des Verhältnisses von Angebot und Nachfrage, die eine so starke Preissteigerung erklären könnte, ist nicht eingetreten. Die Produktion von Teer und Teerverdickungen betrug 1913 rund 1 026 300 t und 1927 rund 1 187 400 t [39]), übertrifft also bereits die des Jahres 1913.

Andererseits ist die Ausfuhr ungefähr gleich geblieben, sie war für Teer: 1913 = 93 637 t, 1924 = 34 115 t und 1928 = 81 993 t, für schwere Steinkohlenteeröle: 1913 = 131 525 t, 1924 = 57 299 t und 1928 = 144 891 t[40]). Die Holzimprägnierung im Inland, die vor dem Kriege den grössten Anteil am Teerölbedarf hatte, dürfte ebenfalls keine grosse Steigerung aufzuweisen haben. Es bliebe also nur der stark gestiegene Bedarf für die Verbrennung unter Kesseln und in Dieselmaschinen. Aber gerade hier wird die ausgedehntere Benutzung der Teeröle, die im Interesse unserer Handelsbilanz so sehr zu wünschen wäre, durch die Angleichung des Preises für inländisches Steinkohlenteeröl an den des importierten Gasöles, das der Qualität nach bedeutend besser ist, verhindert. Woher also diese Preissteigerung?

Nach Angaben eines Sachverständigen erklärt sie sich aus folgendem. Der Preis von 4,05 M sei nur ein Einführungspreis gewesen. Zu jener Zeit sei man eben erst darauf gekommen, dass sich das Teeröl zur Krafterzeugung in Dieselmaschinen verwenden liesse. Bis dahin wäre es, da bei dem grossen Holzreichtum auch für Imprägnierzwecke nicht viel bezahlt wurde, oft noch als lästiges Nebenprodukt der Kokserzeugung vernichtet worden. Als man es nun den Dieselmaschinenbesitzern anbot, hätten diese, aus Furcht ihre Maschinen zu verderben, nichts davon wissen wollen. Aus diesem Grunde seien so niedrige Preise für das Teeröl verlangt worden. Man habe dies umsomehr tun können, als der Kokspreis vor dem Kriege den Herstellern einen grossen Nutzen gebracht habe. Alles dies sei aber in der Kriegs- und Nachkriegszeit ganz anders geworden. Während des Krieges sei durch die Absperrung vom Erdöl die Nachfrage nach Teeröl als Kraftstoff stark gestiegen und hätte so dazu geführt, dass gewinnbringende Preise erzielt werden konnten. Nach dem Kriege aber, und bis heute noch seien es zwei Momente, die den hohen Preis hervorriefen. Zunächst seien infolge der staatlichen Festsetzung der Kokspreise diese nicht hoch genug, um auch bei schlechter Konjunktur die Unkosten zu decken, es sei daher nur natürlich, wenn das frühere Nebenprodukt heute in weit höherem Masse zur Deckung der Unkosten mit herangezogen würde, als vor dem Kriege. Das sei aber zweitens möglich, weil sich mit durch den Krieg in allen Ländern die Holzbestände stark gelichtet hätten, so dass man heute für die Imprägnierung und somit Erhaltung von Holz viel mehr aufwende als

---

[39]) „Statistisches Jahrbuch für das Deutsche Reich“ 45. Jahrgang (1926), S. 83 und 48. Jahrgang (1929) S. 110.

[40]) „Monatliche Nachweise über den auswärtigen Handel Deutschlands“ herausgegeben vom Statistischen Reichsamt. Dezemberhefte 1913, 1924 und 1928. Pos. 244 a und Pos. 245b des Zolltarifs.

früher. Besonders die Vereinigten Staaten und Italien seien heute, neben dem Inland, die Hauptinteressenten für Imprägnieröle und zahlten gern den jetzt geforderten weit höheren Preis.

So der Sachverständige, der allerdings nicht unparteiisch ist. Seine Begründung ist vom privatwirtschaftlichen Standpunkt aus stichhaltig. Ob freilich volkswirtschaftlich der grössere Teerölexport zu höheren Preisen oder die weitere Verbreitung des Dieselmotors in Deutschland auf Grund niedrigerer Teerölpreise von grösserer Bedeutung ist, lässt sich schwer entscheiden.

Nach dieser Abschweifung auf ein Gebiet, das für die Verbreitung der Dieselmaschinen in Deutschland von allergrösster Wichtigkeit ist, kehren wir zu der Feststellung zurück, dass bei uns der Wärmepreis der durch Dieselmaschinen erzeugten Pferdekraftstunde unter den augenblicklich gegebenen Verhältnissen bedeutend höher ist als der der mit Kohle gefeuerten Dampfmaschinen. Die Differenz ist so hoch, dass auch alle anderen Vorteile der Dieselmaschinen, die später Erwähnung finden, oft dadurch ausgeglichen werden.

b) Unterhaltung und Bedienung.

Zum Schluss dieses Abschnitts wollen wir noch kurz einen Blick auf die noch nicht erwähnten, im Verhältnis zu dem Vorhergesagten weniger wichtigen Betriebskosten werfen.

Da ist zuerst der Wasserverbrauch. Das Wasser dient, im Gegensatz zu den Dampfmaschinen, bei denen es in seiner Dampfform zur Energieübertragung benötigt wird, bei den Dieselmaschinen und den Gasmaschinen ohne Gaserzeuger nur zur Kühlung der Maschinenteile. Es ist daher erklärlich, dass die Kosten für den Wasserbedarf bei den Verbrennungsmaschinen bedeutend geringer sind, wie nachstehende Zahlen zeigen.

Tabelle 5.

Wasserverbrauch der Kraftmaschinen.[41])

Maschinenart	Wasserverbrauch in l/PSe—std.
Dampfmaschinen ohne Kondensation	7 — 30
Dampfmaschinen mit Kondensation	160 — 350*
Sauggasmaschinen	35 — 40
Dieselmaschinen	10 — 15

* Die Zahl 350 ist abweichend vom Original eingesetzt worden, da die dort stehenden „750“ wohl auf einem Druckfehler beruhen.

Wird das Wasser der Dampfmaschinen mit Kondensation in Kühltürmen gekühlt und wieder verwendet, wie das meist geschieht, so sind nach

---

[41]) nach Urbahn-Reutlinger, „Ermittelung der billigsten Betriebskraft für Fabriken“ Berlin 1913, S. 92.

einmaliger Füllung nur noch 5 bis 8 v.H. hiervon als Zusatzwasser zur Ergänzung der Rohrleitungs- und Verdunstungsverluste nötig. Auch bei den Dieselmaschinen ist eine Kreislaufkühlung des Wassers möglich, wobei so gut wie gar kein Wasser verloren geht. In beiden Fällen entstehen aber statt der Wasserkosten neue Kosten für die Verzinsung und den Betrieb der Kühlanlagen, die natürlich entsprechend der kleineren Wassermenge bei den Dieselmaschinen niedriger sind. Bei den Dampfmaschinen ohne Kondensation ist eine Wiederbenutzung des Wassers nicht möglich, bei den Sauggasmaschien nur zu einem kleinen Teil.

Einen weiteren Ausgabeposten bilden die Kosten für die Schmier- und Putzmittel[42]). Hier sind es die Dieselmaschinen, die ungünstiger abschneiden. Der Schmierölverbrauch der Dampfturbinen ist am geringsten, da hier nur die Lager durch immer wieder verwendetes Oel geschmiert werden. Bei den Kolbendampfmaschinen kommt zu den Lagern noch die Schmierung der hin- und hergehenden Teile, besonders der Zylinderkolben hinzu. Wenn auch hier Verluste dadurch auftreten, dass das Zylinderschmieröl in den Dampf gelangt, so sind sie doch nicht allzu gross, da durch die fortschreitende Technik heute schon so gute Abdampfentöler hergestellt werden, dass der Dampf fast völlig ölfrei wird und das bei der Entölung zurückgewonnene Oel zum grössten Teil wieder verwendet werden kann. Ganz anders dagegen bei den Dieselmaschinen und den anderen Verbrennungskraftmaschinen. Hier wird das zur Schmierung der Zylinder dienende Oel infolge der hier herrschenden hohen Temperaturen zum grössten Teil verdampft und mitverbrannt, während der Rest destilliert oder verkokt wird. Es kommt auf keinen Fall für eine Wiederverwendung in Frage. Zur besseren Uebersicht geben wir in Tabelle 6 eine Aufstellung der Schmierungskosten der verschiedenen Kraftmaschinen.

Tabelle 6.

Schmierungskosten bei Vollastleistung.[43])

Bezeichnung	Kolbendampfmaschinen			Dampfturbinen mit Dynamos		Dieselmaschinen		
Nutzleistung in PSe	60	300	800	250	800	60	300	800
Stündlicher Oelverbrauch in g/std.	300	450	800	100	170	340	1 300	2 100
Oelkosten in Pf./PSe-std.	0,325	0,098	0,065	0,010	0,0055	0,340	0,255	0,205
Putz- u. Packungsmaterial in Pf./PSe-std.	0,070	0,030	0,020	0,003	0,0020	0,072	0,051	0,043
Schmierungskosten in Pf /PSe-std.	0,395	0,128	0,085	0,013	0,0075	0,412	0,306	0,248

[42]) Vgl. für das Folgende Barth a. a. O. S. 100.

[43]) Urbahn-Reutlinger, a. a. O. S. 94.

Die angegebenen Preise sind Vorkriegspreise, sie haben sich aber in ihrem Verhältnis zu einander heute kaum verändert. Die Preise der Oele sind für die verschiedenen Maschinenarten verschieden hoch eingesetzt, da nicht gleiche Qualitäten verwendet werden, sie betrugen für 100 kg Oel: 65 M bei den Kolbendampfmaschinen, 25 M bei den Dampfturbinen und 60 M bei den Sauggas- und Dieselmaschinen.

Die für die Dampfturbinen angegebenen Zahlen beziehen sich auf kW[44]) und kW-std statt auf PSe und PSe-std, so dass sich das an sich für diese Maschinenart schon sehr günstige Bild noch etwas zu ihren Gunsten verschiebt.

Als letztes sind noch die aufzuwendenden Bedienungskosten zu nennen, Hier sind im allgemeinen die Dieselmaschinen den Dampfmaschinen überlegen[45]), da das Kesselpersonal wegfällt. Allerdings müssen die Maschinisten der Dieselmachinen meist besser bezahlt werden, als die der Dampfmaschinen, da die grössere Kompliziertheit der Verbrennungsmaschinen auch grössere Kenntnisse erfordert.

B. Die Benutzung der Dieselmaschine in den verschiedenen Wirtschaftszweigen.

Nachdem wir die wirtschaftlichen Grundlagen des Dieselmotorenbetriebes kennen gelernt haben, soll nun gezeigt werden, wo die Dieselmaschine benutzt wird. Wir werden dabei sehen, wie sie in die verschiedensten Zweige unseres Wirtschaftslebens eingedrungen ist, und wie sie auf vielen Gebieten mehr oder weniger erfolgreich die anderen Kraftmaschinen zu verdrängen versucht. Während wir hierbei hauptsächlich die deutschen Verhältnisse betrachten werden, unter denen es die Dieselmaschine besonders schwer hat, sich zu behaupten, sollen hin und wieder auch die Verhältnisse im Ausland zum Vergleich herangezogen werden.

Zwei Hauptgebiete sind bei dieser Betrachtung zu unterscheiden, die Verwendung dieser Maschinen an einem festen Platz, von dem aus sie die von ihnen erzeugte Kraft in irgendeiner Weise, sei es mechanisch oder elektrisch, auf andere Maschinen übertragen, und ihre Benutzung als Antrieb für Verkehrsmittel.

I. Die Dieselmaschine als ortsfeste Kraftmaschine.

Die riesigen Kraftmengen, die unsere Industrie und Landwirtschaft erfordern und die grossen Energien, die wir zur Erzeugung des elektrischen Stromes für Beleuchtungszwecke benötigen, werden entweder von besonderen Unternehmungen in Kraftwerken als Ware hergestellt und auf elektrischem Wege an die Verbraucher verteilt, oder in kleinen Kraftanlagen von

---

[44]) 1 Kilowatt (kW) ist die Leistungseinheit, in der man die Leistung elektrischer Maschinen misst, 1 PS=0,736 kW.

[45]) Barth, a. a. O. S. 99.

den Konsumenten selbst als Rohprodukt erzeugt. Hierbei können auch Verbindungen beider Arten auftreten, da nämlich, wo grössere Kraftwerke der Industrie die von ihr selbst nicht benötigten, überschüssigen Strommengen an andere Verbraucher verkaufen oder einen Teil ihres Eigenbedarfs noch aus öffentlichen Netzen entnehmen müssen, wenn ihre eigenen Anlagen zu klein sind oder den Strom teurer erzeugen.

a) In öffentlichen Kraftwerken.

Zur Krafterzeugung in besonderen Unternehmen, die erst nach Erfindung der Dynamomaschine durch Werner von Siemens (1867) und die immer weitgehendere Verwendung der Elektrizität als Kraftübermittler ermöglicht wurde, werden heute hauptsächlich Dampfturbinen, Wasserturbinen und Dieselmaschinen benutzt. Kolbendampfmaschinen findet man fast nur in älteren Kraftwerken, Gasmaschinen in Zentralen kleinerer Städte und in der Nähe von Koks- und Hochöfen in den Gebieten des Steinkohlenbergbaus.

Bei der Betrachtung der Kraftwerke wollen wir vier Arten unterscheiden, da die Verwendbarkeit der Dieselmaschinen je nach der Grösse verschieden ist. Erstens Kleinkraftwerke mit einer Gesamtmaschinenleistung bis zu 3 000 kW, die hauptsächlich zur Versorgung kleinerer Städte in Betracht kommen, heute allerdings infolge der Ausdehnung der Ueberlandkraftwerke mehr und mehr als selbständige Kraftwerke verschwinden und nur noch als Reserveanlagen benutzt werden. Zweitens Mittelkraftwerke mit einer Gesamtmaschinenleistung über 3 000 bis zu 10 000 kW, die mittlere Städte und kleine ländliche Bezirke mit Strom versorgen. Drittens grössere Werke über 10 000 bis zu 30 000 kW, die einerseits grössere Städte, andererseits als Ueberlandkraftwerke ausgedehntere ländliche Gebiete versorgen, und Grosskraftwerke mit über 30 000 kW Maschinenleistung, die zur Belieferung der Grossstädte und ganzer Provinzen und Länder durch Hochspannungsnetze dienen.

Die Höhe der Brennstoffpreise ist der ausschlaggebende Faktor bei der Feststellung, ob sich an irgendeinem Orte die Aufstellung einer reinen Dieselmaschinenzentrale rentiert, d. h. ob sie sich im Betrieb wenigstens gleich hoch oder billiger stellt, als eine Dampfturbinenzentrale. — Die Anlagekosten kommen bei der Beurteilung dieser Frage erst in zweiter Linie, spielen aber bei grösseren Werken, bei denen sie für Dieselanlagen höher sind als die der Dampfturbinenanlagen[46]), eine grosse, z. T. sogar ausschlaggebende Rolle. — „Ist das Verhältnis des Preises der Kohle oder eines anderen Brennstoffs, welcher für Dampferzeugung im Kessel geeignet ist, zum Preise des flüssigen Brennstoffs kleiner als das Verhältnis des

[46]) Nach Angaben von Sachverständigen sind Dieselzentralen in Deutschland bis zu etwa 5000 kW in ihren Anlagekosten billiger als Dampfturbinenanlagen, darüber hinaus werden sie teurer als diese.

thermischen Wirkungsgrades[47]) des Dieselmotors zu demjenigen der Dampfanlage, so bietet der erstere, was die Verbilligung der Brennstoffkosten anbetrifft, keinen Vorteil."[48]) In diesem Falle können nur noch andere als finanzielle Gründe, die in den besonderen Bedingungen des Dieselmaschinenbetriebes begründet sind, und auf die weiter unten eingegangen werden soll, die Aufstellung einer reinen Dieselzentrale rechtfertigen.

Wenn wir nun die vorerwähnten Arten von Kraftwerken im einzelnen betrachten, so ergibt sich folgendes:

1. Kleine Anlagen bis zu etwa 3 000 kW Maschinenleistung.

In Kleinkraftwerken sind die Anlagekosten und damit die Kapitalkosten der Dieselmaschinen niedriger als die von Dampfanlagen, da erstens die Anschaffungskosten für die Kessel, Schornsteine und sonstigen Hilfsanlagen, und zweitens die oft nicht geringen Kosten für die Bodenbeschaffung[49]) für diese Nebenanlagen und Lagerplätze für Kohlen fortfallen. Für die Brennstoffkosten kommt hier, wie bei den nachher zu behandelnden Mittelkraftwerken noch ein Punkt in Betracht, der bis jetzt noch nicht berücksichtigt wurde. Die in Tabelle 3 und 4 genannten Brennstoffverbrauchszahlen und Wärmepreise für die Erzeugung einer Pferdekraftstunde gelten für neue Maschinen, die im Vollastbetrieb unter günstigen Bedingungen betrieben werden. Im normalen Betrieb von Kraftwerken sieht es aber meist ganz anders aus. Einmal werden die vorhandenen Maschinen nur sehr selten voll belastet, sondern laufen meist nur mit einer Durchschnittsbelastung von etwa 50 v.H. bei kleineren Anlagen.[50]) Das ist für den Brennstoffverbrauch der Dieselmaschinen ungünstig, da sie weniger hoch überlastbar sind, als die Dampfmaschinen — diese lassen eine Ueberlast von über 100 v. H. zu — und daher für die grösstmögliche Belastung vorgesehen werden müssen. In den letzten Jahren hat sich dies durch die immer weiter fortschreitende Anwendung von kompressorlosen Dieselmaschinen[51]), die bis zu 45 v.H. überlastbar sind[52]), (gegenüber etwa 20 v.H. beim Dieselmotor mit Kompressor) etwas zu Gunsten der Dieselmaschine verschoben.

---

[47]) „Thermischer Wirkungsgrad" wird das Verhältnis der gewonnenen indizierten Arbeit zur aufgewendeten Wärme genannt.

[48]) M. Seiliger „Die Hochleistungs-Dieselmotoren", Berlin 1926, S. 108.

[49]) Z. V. D. I. 1913, S. 1146.

[50]) Der Durchschnitt sämtlicher deutscher Kraftwerke hat nach Klingenberg sogar nur einen Belastungsfaktor (Verhältnis der durchschnittlichen Jahresbelastung zur möglichen Höchstbelastung) von etwa 25 v.H.

[51]) Nach einer Nachricht der „Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure" (Bd. 71, Nr. 27 vom 2. 7. 1927, S. 968) sind bei der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft 3 kompressorlose Motoren von je 4500 PS für Frachtschiffe der Hapag gebaut worden, die die grössten bis jetzt ausgeführten kompressorlosen Dieselmotoren sind.

[52]) Fr. Schultz, „Der kompressorlose Betrieb von Dieselmotoren" (Dieselmaschinen II) S. 93.

Bei den normalen Teilbelastungen aber steigt der Brennstoffverbrauch pro PSe-std bis zu 15 bis 20 v.H. Mehrverbrauch bei Halblast[53]), während bei Dampfmaschinen hierbei ein nur sehr geringer Mehrbedarf auftritt. Dies spielt aber bei den kleinen Werken deshalb keine so grosse Rolle, weil die Brennstoffkosten hier nicht die überragende Stellung gegenüber den anderen Kosten einnehmen, wie bei grösseren Kraftwerken und weil es mehr als ausgeglichen wird durch die Betriebszuschläge, die für nutzlosen Brennstoffverbrauch der Dampfmaschinen zu den Brennstoffkosten für 1 PSe-std gemacht werden müssen. Sie betragen bei Dampfanlagen 25 bis 40 v.H.[54]) und entstehen durch den Brennstoffverbrauch beim Anheizen der Kessel, den Abbrand während der Betriebspausen und nach Schluss des Betriebes (es wird das Vorhandensein mehrerer im Betrieb befindlicher Maschinen angenommen, von denen nur eine Tag und Nacht durchläuft), schlechte Bedienung der Feuerung, Rohrleitungsverluste usw. Bei Dieselmaschinen, die beim Stillstand keinen Brennstoff verbrauchen, betragen diese Betriebszuschläge nur 0 bis 5 v.H.[54])

Dazu kommt, dass die Dampfmaschinen, besonders die heute meist verwendeten Dampfturbinen, bei kleinen Einheiten an sich schon einen grösseren Dampf- und damit auch Brennstoffverbrauch für die PSe-std haben, als bei grossen Maschinen, während er bei Dieselmaschinen für alle Grössen ungefähr gleich hoch ist.[55]) Es ist daher ohne weiteres klar, dass bei niedrigen Oelpreisen, wie sie in nicht zu grosser Entfernung von den Erdölfundstellen in den Vereinigten Staaten, in Mexiko, Rumänien, Galizien oder Russland zu finden sind, und bei den deutschen Teerölpreisen der Vorkriegszeit vorhanden waren, die Dieselmaschine in kleineren Anlagen jeder Maschine mit Dampfbetrieb überlegen ist. Das gleiche gilt auch für das Innere kohlenarmer Erdteile, wie z. B. Südamerika, Nord- und Mittelafrika, bei denen der weite Transport der Kohlenmengen, die etwa das Vierfache des für gleichstarke Dieselmotoren benötigten Oelbedarfs ausmachen[56]), infolge der ausserordentlich hohen Transportkosten den Dampfbetrieb gänzlich unrentabel macht.

In Deutschland dürfte sich, infolge der höheren Anlagekosten der kleinen Dampfmaschinenzentralen, auch bei den heutigen hohen Betriebsstoffkosten der Dieselmotorenbetrieb zumindest nicht höher stellen als der Dampfmaschinenbetrieb.[57]) — Eine Ausnahme hiervon bilden vielleicht nur ganz kleine Anlagen bis etwa 500 PS, die Lokomobilen verwenden können, so dass sich die Anlagekosten bedeutend billiger stellen; sie kommen aber für die öffentliche Kraftversorgung heute wohl kaum mehr in Frage. —

[53]) Urbahn-Reutlinger, a. a. O. S. 85.

[54]) Urbahn-Reutlinger, a. a. O. S. 115.

[55]) Urbahn-Reutlinger, a. a. O. S. 85 und andere.

[56]) Vgl. Tabelle 3.

[57]) Zahlen darüber sind in der Literatur nicht zu finden; die Prospekte der Firmen, die Angaben darüber enthalten, sind stets gefärbt und können daher als Unterlagen für eine wissenschaftliche Arbeit nicht verwendet werden.

Hierzu kommen bei den Dieselmaschinen noch eine Reihe weiterer Vorteile, die zwar ganz allgemein für sie gelten, aber bei kleinen Kraftwerken, ebenso wie bei den später zu behandelnden Industrieanlagen, die meist innerhalb der Städte liegen, von grosser Bedeutung sind. Dazu gehört der Fortfall von Rauch und Russ, das Fehlen der Asche mit den durch sie entstehenden Abfuhrkosten, und die leichtere Heranbringung und Lagerung des Brennstoffs. Das Oel kann z. B. durch Röhrenleitungen, die vom Bahnhof zum Werk verlegt werden,[58]) direkt aus dem Kesselwagen in die Tankanlage gepumpt werden, was sich natürlich bedeutend billiger stellt als die Anfuhr der Kohle mit Fuhrwerk oder auf einem nicht einmal immer ausführbaren Nebengleis. Die Lagerung kann in grossen Tanks geschehen, die unter dem Erdboden angelegt werden, während bei Dampfanlagen mit Kohlenfeuerung ein mehr oder weniger grosses Gelände voll hochgetürmter Kesselkohle liegt, die nicht nur durch die Witterungseinflüsse leidet, sondern auch eine ständige Brandgefahr infolge Selbstentzündung bildet. Wird für die Dampfkesselfeuerung Oel benutzt, was allerdings in Deutschland nur selten vorkommt, so ändert sich das Bild etwas zugunsten der Dampfverwendung, ohne die Dieselmaschine zu erreichen, da in diesem Falle, bei ungefähr gleichem Brennstoffpreis, die verschiedenen Wirkungsgrade beider Kraftmaschinenarten in den Vordergrund treten.

Ausser Diesel- und Dampfmaschinen kommen hin und wieder in Kleinkraftwerken noch Sauggasmotoren vor,[59]) aber auch sie können nur da konkurrieren, wo zur Gaserzeugung sehr billige Brennstoffe, wie Kohlenrückstände, Kohlenstaub und ähnliches, zur Verfügung stehen.

Wir haben also gesehen, daß sich bei Kleinkraftwerken die Krafterzeugung durch Dieselmaschinen am günstigsten stellt.

Das erste Werk, das in Deutschland nur mit Dieselmotoren arbeitete, war das Elektrizitätswerk Aichbach in Oberbayern, das um die Jahrhundertwende mit zwei Motoren der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg von je 80 bis 96 PSe gebaut wurde.[60])

2. Mittlere Werke bis zu etwa 10 000 kW Maschinenleistung.

Für Mittelkraftwerke kommt bei dem heutigen Preisverhältnis zwischen Kohle und Oel ein reiner Dieselmaschinenbetrieb höchstens in der weiteren Umgebung der Erdölquellen in Frage.

In Deutschland konnten die Dieselmaschinen vor dem Kriege auch bei Mittelkraftwerken noch mit den allein hier mit ihnen in Wettbewerb tretenden Dampfturbinen konkurrieren, da die Teerölpreise das 2½ bis 3fache

---

[58]) Z. V. D. I. 1913. S. 1146.
[59]) z. B. im Elektrizitätswerk in Fürstenwalde/Spree.
[60]) Z. V. D. I. 1903. S. 1686.

der Kohlenpreise nicht überstiegen. Allerdings war das nur da der Fall, wo der Belastungsfaktor höher als 20 v. H. war.[61]) [62])

Trotzdem sind Kraftwerke dieser Grösse mit reinem Dieselmaschinenbetrieb in Deutschland nicht gebaut worden, im Ausland jedoch werden solche Zentralen in Rom, Bukarest und Schanghai betrieben.[63])

Die in Tabelle 7 folgende Zusammenstellung, die eine Gegenüberstellung der Anlage- und Stromerzeugungskosten eines Dampfturbinen- und eines Dieselmaschinenkraftwerks von 10 000 kW in Deutschland und Amerika bietet, zeigt, dass bei dieser Grösse auch bei dem amerikanischen Preisverhältnis von Kohle und Oel ein reiner Dieselmotorenbetrieb wegen der Höhe der Anlagekosten nicht rentabel ist.

Tabelle 7.

Gegenüberstellung einer Turbinen- und einer Dieselmotorenzentrale in Amerika und Deutschland.[64])

	Amerika		Deutschland	
	Dampfturbinen	Dieselmaschinen	Dampfturbinen	Dieselmaschinen
Gesamte installierte Leistung in kW	4×2 500	6×1 500	4×2 500	6×1 500
Reserven in kW	1×2 500	1×1 500	1×2 500	1×1 500
Kohlenpreis in RM pro t bei einem Heizwert von 7650 kcal/kg	32,4		24,0	
Oelpreis in RM pro 100 t bei einem Heizwert von 10 000 kcal/kg		7,33		12,5
Dampfverbrauch in kg/kW-std. bei 1/1 Last	6		5,5	
Dampfverbrauch in kg/kW-std. bei 1/4 Last	8		7,4	
Oelverbrauch in g/kW-std. bei 1/1 Last		300		270
Oelverbrauch in g/kW-std. bei 1/4 Last		500		450
Anlagekosten ausschließl. Grundstück- u. Baukosten in Mill. RM	5,6	8,46	2,9	3,94
Anlagekosten für das installierte kW in RM	560	940	290	437
Erzeugungskosten in Pf/kW-std. bei einer mittleren Belastung von 1/4 Last	11,45	12,9	6,55	8,64
von 1/2 Last	7,0	8,2	4,02	6,28
von 3/4 Last	5,2	6,5	3,14	5,45

[61]) Z. V. D. I. 1913. S. 948.

[62]) Der Brennstoffverbrauch der Dieselmaschine beträgt bei 25 v.H. Belastung der Maschine (wenn z. B. ein für 6 000 PSe Vollast gebauter Motor nur 1 500 PSe abzugeben braucht) 140 v.H. des Vollastverbrauchs pro PSe-std und steigt bei weiterem Absinken der Belastung schnell.

[63]) Y. le Gallon, „Théorie succincte, description, conduite et entretien du Moteur Diesel", Paris 1925, S. 208.

[64]) F. Ohlmüller, Anlage und Strompreiskosten einer Dampfturbinen- und einer Dieselmotorenanlage usw. („Elektrotechnik und Maschinenbau" Wien, Bd. 43 (1925) Heft 47), S. 936.

Das Verhältnis der Erzeugungskosten zu den festen Spesen gibt Ohlmüller[65]) wie folgt an:

Tabelle 8.

Verhältnis von Erzeugungskosten zu festen Spesen bei einer Dampfturbinen- und Dieselmotorenzentrale in den Vereinigten Staaten und in Deutschland.[66])

	Dampfturbinenanlage				Dieselmaschinenanlage			
	in U.S.A.		i. Deutschland		in U.S.A.		i. Deutschland	
	Pf. pro kW-std.	v.H. der Gesamtkosten	Pf. pro kW-std.	v.H. der Gesamtkosten	Pf. pro kW-std	v.H. der Gesamtkosten	Pf. pro kW-std.	v.H. der Gesamtkosten
Belastungsfaktor 25 v.H.								
Erzeugungskosten .	6,34	55,4	3,79	57,9	5,15	40,0	5,05	58,4
Feste Spesen . .	5,11	44,6	2,76	42,1	7,73	60,0	3,59	41,6
Insgesamt	11,45	100,0	6,55	100,0	12,88	100,0	8,64	100,0
Belastungsfaktor 50 v.H.								
Erzeugungskosten .	4,53	63,9	2,65	65,8	4,31	52.8	4,48	71,4
Feste Spesen . .	2,55	36,1	1,37	34,2	3,86	47,2	1,80	28,6
Insgesamt	7,08	100,0	4,02	100,0	8,17	100,0	6,28	100,0
Belastungsfaktor 75 v.H.								
Erzeugungskosten .	3,62	68,0	2,22	70,8	3,97	60,6	4,21	77,8
Feste Spesen . .	1,70	32,0	0,92	29,2	2,58	39,4	1,20	22,2
Insgesamt	5,32	100,0	3,14	100,0	6,55	100,0	5,41	100,0

Man sieht, dass die Kosten pro kW-std bei den Dieselmaschinen dieser Grösse höher sind als bei den Dampfturbinen, dass dies aber in Deutschland hauptsächlich an den Erzeugungskosten (also dem Brennstoffpreis), in Amerika dagegen fast nur an den festen Spesen (wesentlich Anlagekosten) liegt. — Hieraus lässt sich erkennen, dass ein Export deutscher Dieselmaschinen nach den Vereinigten Staaten trotz der Transportkosten gut möglich wäre, wenn die amerikanischen Einfuhrzölle nicht so hoch wären. —

---

[65]) F. Ohlmüller, Vergleich zwischen einer Dampfturbinen- und einer Dieselmotorenanlage usw. (Elektrotechnische Zeitschrift (E.T.Z.), Jahrg. 1925, Nr. 28) S. 1025 ff.

[66]) F. Ohlmüller (E.T.Z. 1925) S. 1028 f.

Wenn nun aber auch Mittelkraftwerke in Deutschland nicht den reinen Dieselmaschinenantrieb benutzen, so hatte sich vor dem Kriege ein gemischter Betrieb von Dieselmotoren und Dampfturbinen gut eingeführt, der in folgender Art arbeitete:

Die Dieselmaschinen, die in diesem Falle nur für wenig mehr als die Mindestbelastung des Kraftwerks vorgesehen sind, laufen dauernd mit voller Belastung, also unter den für sie günstigsten Bedingungen, während die Dampfturbinen die zu bestimmten Tageszeiten stets auftretenden Mehrbelastungen, die sogenannten Belastungsspitzen, aufnehmen.[67]) In welchen Grenzen das geschieht, hängt von den jeweiligen Verhältnissen des Kraftwerks ab, wobei natürlich die günstigste Gestaltung der Stromerzeugungskosten massgebend ist. Folgende Elektrizitätswerke arbeiteten z. B. nach diesem Prinzip: Halle, Stargard, Regensburg, und die Zentrale der städtischen Strassenbahn Augsburg. Sogar bei Grosszentralen kommt solche Arbeitsteilung vor, wie das Grosskraftwerk Franken zeigt.[68])

Bei der zuletzt angeführten Möglichkeit der Verwendung von Dieselmaschinen in Kraftzentralen war der Gedanke vorherrschend, diese Maschinen möglichst durchgehend mit voller Belastung laufen zu lassen, um so, durch die grosse Zahl der geleisteten Pferdekraftstunden, den in deren Preis enthaltenen Anteil der festen Betriebskosten herabzudrücken. Dadurch kann natürlich auch der Strom billiger hergestellt und abgegeben werden, was von grosser Bedeutung für die angeschlossenen Produktionsstätten ist, bei denen der Strompreis wieder im Preise ihrer Produkte zum Ausdruck kommen muss. Denn hohe Strompreise wirken auf zweierlei Weise schädlich für die Volkswirtschaft. Einerseits erhöhen sie das Preisniveau, andererseits halten sie viele Betriebe davon ab, den Strom von den Kraftwerken zu beziehen, statt ihn in einzelnen Eigenanlagen herzustellen. Die kleinen Anlagen nutzen aber, soweit sie mit Dampfmaschinen ausgerüstet sind, was heute noch bei der weit überwiegenden Mehrzahl der Fall ist, die Brennstoffe schlechter aus als grosse Anlagen.

3. Grosse Zentralen über 10 000 kW Maschinenleistung.

In den grösseren und den Grosskraftwerken werden Dieselmaschinen aus ganz anderen Erwägungen aufgestellt. Hier beherrscht bezüglich der Wirtschaftlichkeit die Dampfturbine mit ihren grossen Einheiten — bis zu 80 000 kW in einer Maschine — allein das Feld, falls nicht, wie in Süddeutschland grosse Wasserkräfte zum Antrieb von Wasserturbinen zur Verfügung stehen. Dieselmaschinen sind hier auch bei sehr billigen Oelpreisen nicht konkurrenzfähig. Ist es also nicht die Wirtschaftlichkeit, so muss es eine andere Eigenschaft dieser vielseitigen Maschine sein, die sie zur Geltung bringt.

---

[67]) Vgl. die graphischen Darstellungen auf S. 26, Abb. 2.

[68]) M. Gercke, Die neuere Entwicklung der Dampfturbine und des Dieselmotors usw., („Technik und Wirtschaft" 1912) S. 535.

Während bei kleineren Kraftwerken im allgemeinen die Belastungsspitzen ziemlich regelmässig auftreten und die Kraftwerke sich durch rechtzeitiges Anheizen weiterer Kessel und Ingangsetzen weiterer Turbinen darauf vorbereiten können, treten bei grossen Werken mit einem sehr ausgedehnten Versorgungsgebiet häufig solche Spitzen ganz plötzlich auf. Ein Gewitter z. B, das sich in der Mittagsstunde, also zu einer Zeit, in der nur Kraft- und kein Lichtbedarf besteht, über einer Grossstadt entlädt, bringt es mit sich, dass nicht nur an vielen Stellen Licht eingeschaltet wird, sondern dass auch noch überall die elektrisch angetriebenen Pumpen in Gang gesetzt werden, und bewirkt so, dass der Strombedarf für kurze Zeit sehr stark ansteigt.[69])

Andererseits kann es vorkommen, dass eine der Turbinen oder der mit ihnen gekuppelten Dynamomaschinen plötzlich defekt wird und angehalten werden muss. Wäre nun keine Reservemaschine vorbereitet, so könnte eine solche Belastung der übrigen im Gang befindlichen Maschinen eintreten, dass das ganze Werk stillgelegt und damit die grosse Zahl der Stromabnehmer zum Feiern gezwungen würde. Hierbei entstünde neben dem privatwirtschaftlichen Schaden des Kraftwerkes durch Einnahmeausfall und dem der Konsumenten auch ein volkswirtschaftlicher durch den Produktionsausfall. Es müssen daher stets Reservekessel unter Dampf- und angewärmte[70]) Reservemaschinen in Bereitschaft gehalten werden, die dauernd Kohlen verbrauchen und dadurch Kosten verursachen, ohne etwas zu leisten.

Hier kommt der grosse Vorzug der Dieselmaschinen zur Geltung, sie sofort anlassen zu können, ohne dass sie vorher Kosten verursacht haben. Sie sind daher, trotz der viel teureren Kapitalkosten, die bei Stillstand auf ihnen lasten, für die grossen Kraftwerke die idealen Reserve- und Spitzenmaschinen. Sind sie in einem Betrieb vorhanden, so verhindern sie viel unnützen Kohlenverbrauch und Ausfälle in der Produktion und wirken auf diese Weise zum Vorteil der Volkswirtschaft.[71]) Als Beispiel für die Verwendung von Dieselmotoren unter diesem Gesichtspunkt führen wir das Elektrizitätswerk Bremen an, in dem schon 1914 zwei Dieselmaschinen von je 3000 PS, hauptsächlich zur Stromabgabe an die Kanalisationspumpen, aufgestellt wurden.[72]) Auch die oben erwähnte 15000 PS-Dieselmaschine in Hamburg, eine doppeltwirkende Zweitaktmaschine, ist als Reservemaschine und zur Deckung plötzlich auftretender Belastungsspitzen vorge-

---

[69]) Vgl. unten S. 26, Abb. 3.

[70]) Dampfmaschinen müssen vor Inbetriebsetzung stets angewärmt werden, da sonst beim Einströmen des heissen Dampfes durch die verschieden schnelle Ausdehnung der einzelnen Materialien Defekte auftreten können.

[71]) Vgl. M. Gercke, Grossdieselmotoren als Reserve- und Spitzenmaschinen von Grosskraftwerken. (E.T.Z. Jahrg. 1925, Heft 24) S. 882 f.

[72]) Z.V.D.I. 1913 S. 1241.

sehen.[73]) Die gleichen Funktionen haben Dieselmotoren zu erfüllen, die als Aushilfsmaschinen für Wasserturbinenanlagen aufgestellt werden.[74])

Bis jetzt ist die Zahl der bei uns in Kraftwerken aufgestellten Dieselmaschinen noch klein. Von unseren 27 grössten Kraftwerken besassen 1927 nur vier Dieselaggregate.[75]) Von 418 in der Statistik aufgeführten öffentlichen deutschen Kraftwerken mit eigener Betriebskraft wurden 23 nur mit Oel betrieben[76]), 85 hatten neben anderen Treibmitteln (Dampf, Wasser, Gas) noch Oelbetrieb, wobei es sich zum grössten Teil um kleinere Werke handelte.

Zum Schluss dieses Abschnitts wollen wir in drei graphischen Darstellungen noch einmal die Möglichkeiten der Verwendung von Dieselmaschinen in Kraftwerken zeigen.[77])

Bei Abb. 2 sieht man, dass die Dieselmaschine den grössten Teil des Tages mit Vollast (gleich der Grundlast angenommen), also unter den günstigsten Bedingungen laufen kann; als Grundlast ist die Durchschnittsbelastung des ganzen Tages eingesetzt.

b) In der Industrie.

In der Industrie handelt es sich im allgemeinen um kleinere Kraftanlagen bis zu einer Grösse von 2 000 bis 3 000 kW (der Durchschnitt liegt viel tiefer), wenn man von den ganz grossen Unternehmen absieht, bei denen die gleichen Verhältnisse wie bei den öffentlichen Elektrizitätswerken vorherrschen. Hier muss man eine Teilung vornehmen, indem man einmal die Betriebe betrachtet, die nur Kraft erfordern, dann aber auch die, in denen ausser Kraft noch Wärme benötigt wird.

1. Bei reiner Krafterzeugung.

Bei reinem Kraftbedarf treten ausser der Dampfturbine auch die Kolbendampfmaschine und der Elektromotor in Wettbewerb. Bei Dampfbetrieb wäre es, wie schon öfters betont, vom volkswirtschaftlichen Standpunkt

---

[73]) Bei der Erprobung dieser Maschine ergab sich als Anfahrzeit von vollkommener Betriebsruhe bis zur vollen Belastung eine Dauer von durchschnittlich nur 5 Minuten. (W. Laudahn Z.V.D.I. Bd. 70 (1926) S. 1409 ff.)

[74]) Gutes Kurvenmaterial über die Wirtschaftlichkeit von Dieselmotoren als Spitzen- und Reservemaschinen in Dampf- und Wasserkraftwerken bietet ein Artikel von A. Büchi, Erzeugung von Spitzen- und Ersatzkraft für Ueberland- und Bahnkraftwerke. (Z.V.D.I. Bd. 70 (1926) S. 1053 ff.)

[75]) „Statistik 1927 der Vereinigung der Elektrizitätswerke", Dortmund 1928.

[76]) Unter Betrieb mit Oel ist keine Oelfeuerung von Dampfmaschinen, sondern nur Treiböl, — also Verbrennungsmaschinenbetrieb — verstanden.

[77]) Die Abbildungen (s. Umseite) sind willkürlich gewählt, da die Belastungen in jedem Kraftwerk und zu jeder Jahreszeit verschieden sind.

Abb. 1.
Reiner Dieselbetrieb

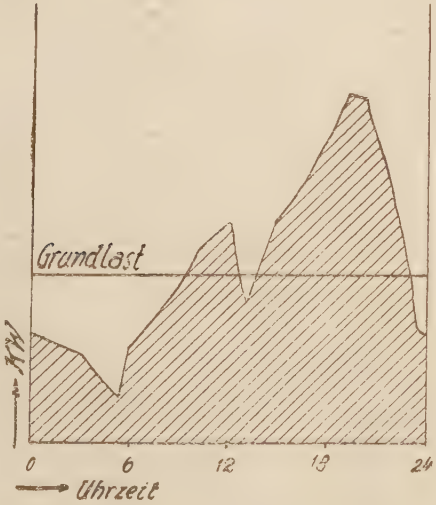


Abb. 2.
Diesel für Grundlast

— Diesel
--- Dampf

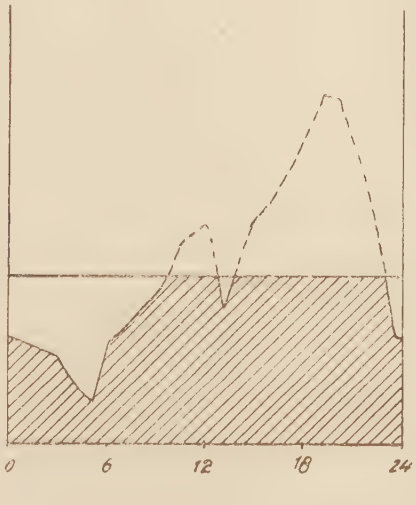
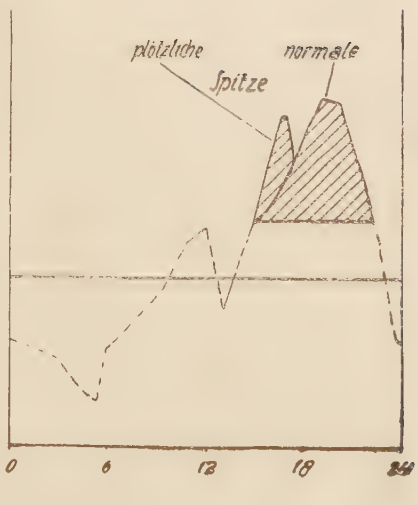


Abb 3.
Diesel für Spitzen

— Diesel
--- Dampf



sehr zu begrüssen, wenn die benötigte Kraft weniger in kleinen, unwirtschaftlicheren Eigenanlagen erzeugt, sondern mehr aus den Stromnetzen der öffentlichen Kraftwerke entnommen würde. Bei Dieselmaschinen liegt dieses Interesse aber nicht in gleichem Masse vor, weil sie im allgemeinen einen anderen Brennstoff verwenden als die Elektrizitätswerke, und weil sie selbst da, wo im Kraftwerk Dieselmotoren benutzt werden, nicht unrationeller mit dem Kraftstoff wirtschaften, da der Verbrauch kleiner Maschinen, auf die Leistung bezogen, nicht grösser ist als der grosser. Privatwirtschaftlich gesehen, ist für kleine Unternehmen der Betrieb einer Eigenanlage (Dampf- oder Dieselmaschine) oft günstiger als der Bezug elektrischer Energie. Das hängt mit den Strompreisen der Elektrizitätswerke zusammen, die natürlich ein grösseres Interesse an Abnehmern mit grossem Strombedarf haben und diesen daher, an Hand der allgemeinen üblichen Staffeltarife, geringere Preise für die Kilowattstunde berechnen als den kleineren Verbrauchern.

Die Frage, ob Dampfmaschine oder Dieselmotor, ist hier nicht so allgemein zu beantworten, wie bei den öffentlichen Kraftwerken. Neben den oben aufgeführten Vorteilen der Dieselmaschinen (kleinere Grundfäche usw.) spielt hier die tägliche Benutzungszeit der Kraftmaschinen eine grosse Rolle. Während nämlich in Kraftwerken die Dieselmaschinen in fast ununterbrochenem Betrieb laufen, kommt in Industrieanlagen im allgemeinen nur eine tägliche Benutzung von 8 bis 10 Stunden in Frage, falls nicht gerade in mehreren Schichten gearbeitet wird. Infolgedessen sind hier die Anlagekosten wieder von grosser Bedeutung. Dazu kommt die Schwierigkeit, dass auch kleinere Reparaturen im allgemeinen nicht von den eigenen Leuten im eigenen Betrieb ausgeführt werden können, wie das bei Dampfmaschinen üblich ist.

Zugunsten der Verbrennungsmaschinen wirken oft die Polizeivorschriften. Nach ihnen ist in manchen Wohngegenden die Aufstellung und der Betrieb von Dampfmaschinen aus Gründen der Feuersicherheit und der Hygiene verboten. Für Dieselmotoren bestehen in dieser Beziehung keine Beschränkungen, so dass die Kleinindustrie, die Hotels und Warenhäuser sich ihrer öfters bedienen. Nur über den Abstand der Maschinen von leicht entzündlichen Stoffen und über die Herausführung der Auspuffleitungen sind Vorschriften für „Motoren mit Kompressionszündung", wie sie in den Verordnungen heissen, herausgegeben.[78]) Auch die für Dampfanlagen vorgeschriebenen, zwar im Allgemeininteresse dankenswerten, aber doch recht lästigen Revisionen fallen hier fort.[79])

Gegenüber den Dampfturbinen haben die Dieselmaschinen den Vorteil, dass sie, ebenso wie die Kolbendampfmaschinen, mit einer viel kleineren

---

[78]) H. Jahr, Vorschriften über Anlegung, Untersuchung und Betrieb von Dampfkesseln usw., Hagen i. W. 1925, S. 178.

[79]) Güldner, Verbrennungskraftmaschinen, Berlin 1914, S. 502.

Umdrehungszahl pro Minute laufen (etwa 90 bis 250 statt 3 000) und so für den oft erforderlichen Antrieb von Transmissionen ohne irgendwelche Zwischenglieder geeignet sind.

Im allgemeinen kann man sagen, dass sich der Dieselmotor in der deutschen Industrie nur wenig hat Eingang verschaffen können, wenn auch, besonders vor dem Kriege, eine ganze Zahl von Anlagen (Spinnereien, Webereien, Garnfabriken usw.)[80]) mit dieser Maschine ausgerüstet worden sind.

2. Bei Kraft- und Wärmebedarf.

Noch ungünstiger gestaltet sich die Lage für die Dieselmaschinen in den Industrien, in welchen neben der Kraft auch Wärme zum Heizen, Kochen, Trocknen usw. benötigt wird. Es handelt sich hier, um ein paar Beispiele zu nennen, um Zuckerfabriken, Kaliwerke, Textilfabriken, Papierfabriken, Braunkohlenwerke, chemische Fabriken, Bierbrauereien u. a. m.[81])

Vor dem Kriege waren noch in vielen solchen Betrieben neben den Krafterzeugungsanlagen besondere Dampfkessel für die Wärmeerzeugung aufgestellt. Heute hat aber die „Abwärmeverwertung", dank der grossen Propaganda von privater und öffentlicher Seite, grosse Fortschritte gemacht. Man versteht darunter die Weiterverwendung der die Kraftmaschinen verlassenden Wärmemengen. Bei den Dampfmaschinen hat man hierfür die sogenannten Anzapf- und Gegendruckmaschinen ausgebildet, aus denen der Dampf, nachdem er ganz oder zum Teil Arbeit geleistet hat, je nach dem benötigten Druck, an verschiedenen Stellen der Maschinen entnommen wird. Hierdurch wird aber die den Maschinen zugeführte Wärme ganz anders ausgenützt als bei reiner Krafterzeugung. Der thermische Wirkungsgrad steigt von höchstens 12 bis 15 v.H.[82]) bei kleineren Anlagen ohne Ausnützung der Abwärme auf ca. 80 v.H.[83]) bei Gegendruckmaschinen[84]), so dass bei grossem Abwärmebedarf die erzeugte Kraft „ohne wesentliche Brennstoffkosten"[85]), als Abfallprodukt hergestellt wird. Ausser in der Industrie, wo solche Abwärmeverwertung heute schon fast die Regel bildet, wird sie auch, wie schon oben angedeutet, bei Elektrizitätswerken benutzt. Hier ist neben Kraftwerken, die ihren Dampf weiterverwerten oder an andere Betriebe abgeben,

---

[80]) Z.V.D.I. 1914 S. 1294, S. 1324, S. 1326 usw.

[81]) Josse, Neuere Kraftanlagen, München und Berlin 1911, S. 54.

[82]) siehe Tabelle 2.

[83]) Barth, a. a. O. S. 38.

[84]) Gegendruckmaschinen sind Dampfmaschinen, die ihren Abdampf nicht in die freie Atmosphäre, sondern in ein Rohrsystem auspuffen. Da der Dampf von hier aus weitergeleitet werden soll, um an seine Verwendungsstelle zu gelangen, muss ein höherer Druck als der der Atmosphäre, ein Gegendruck, vorhanden sein, dessen Grösse nach dem Verwendungszweck schwankt.

auch das Heizkraftwerk entstanden, bei dem der Wärmebedarf das Primäre und die Krafterzeugung das Sekundäre darstellt. Besonders geeignet hierfür sind städtische Betriebe mit grossem Dampfbedarf, wie Badeanstalten, Bürohäuser, Eisfabriken, Krankenhäuser, Schlachthöfe und Schulen. Eine der ersten Anlagen dieser Art in Deutschland war das Elektrizitätswerk Schwabing bei München, welches die gesamte Heizung und Warmwasserversorgung des dortigen städtischen Krankenhauses besorgt.[86])

Unter den Industrieanlagen ist besonders die Fortunagrube in Bergheim bei Köln zu erwähnen, die den für ihre Brikettfabriken benötigten Dampf vorher durch ein Kraftwerk schickt, welches den grössten Teil seiner Stromerzeugung an die Stadt Köln abgibt.[87])

Auch die Dieselmaschinen werden des öfteren mit einer Abwärmeverwertungsanlage ausgerüstet. Da sie aber nur, was ja ihr Vorzug ist, 1 800 - 2 000 kcal für eine Pferdekraftstunde verbrauchen, (gegenüber 7 000 kcal im Durchschnitt bei den Dampfmaschinen)[88]) und ausserdem von der ihnen zugeführten Wärmemenge 30 - 35 v.H. in Kraft umsetzen, (bei den Dampfmaschinen 6 - 18 v.H.) bleiben, nach Abzug der unvermeidlichen Verluste, nur noch etwa 1 000 - 1 200 kcal von einer erzeugten Pferdekraftstunde als Abwärme übrig,[89]) während, wie wir vorher sahen, bei Dampfmaschinen etwa 80 v.H. von 7 000 = 5 600 kcal verfügbar sind. Zur Erzeugung der gleichen Abwärmemenge wäre also eine etwa fünfmal grössere Krafterzeugung nötig.

Von diesen rund 1 100 kcal, die sich allerdings bei geringer Belastung der Maschine bis auf 1 500 kcal erhöhen können, finden sich etwas weniger als die Hälfte im Kühlwasser wieder, das bis auf etwa 80° C erhitzt die Maschine verlässt.[89]) Der Rest befindet sich in den rund 500° C warmen Abgasen.

Das heisse Kühlwasser kann unmittelbar verwendet oder in Warmwasserheizungen ausgenutzt werden.[90]) Die Abgase dagegen können wegen der ihnen beigemengten ätzenden Stoffe nicht wie der Dampf direkt benutzt werden und sind wegen ihrer hohen Temperaturen auch nicht zur Luftheizung verwendbar.[91]) Man leitet sie daher durch Rohre, welche von Flüssigkeiten — meist Wasser — umgeben sind, an die sie ihre Wärme abgeben. Ein Beispiel hierfür stellt das Elektrizitätswerk Halle a. S. dar, in dem die Abgase eines Dieselmotors dazu benutzt werden, das Speisewasser der Dampfkessel vorzuwärmen.[92]) Die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, die auch auf dem Gebiet der Abwärmeverwertung von Verbrennungskraftmaschinen grosse Erfahrung besitzt, hatte bis Ende 1914 schon Dieselma-

---

[86]) Urbahn-Reutlinger a. a. O. S. 151.

[87]) Bayerisches Industrie- und Gewerbeblatt 1912. S. 311 ff.

[88]) Barth, a. a. O. S. 35.

[89]) Vgl. Tabelle 2.

[90]) W. Gentsch, Die Verwertung der Abwärme von Brennkraftmaschinen für Kraftzwecke. (Z. V. D. I. 1916) S. 982 ff.

schinen mit einer Gesamtleistung von 14 000 PS damit ausgerüstet und gab an, dass die an sich schon so gute Wärmewirtschaftlichkeit dieser Maschinen dadurch noch um 17 v. H. gesteigert werden könnte.[93])

Leider steht aber auch hier der hohe Wärmepreis der für Dieselmaschinen verwendeten Brennstoffe störend im Wege, da die Kosten der Abwärme durch ihn bestimmt werden. Aus ihm ergibt sich einerseits die Notwendigkeit, die Abwärme der Verbrennungsmaschinen so viel wie möglich auszunutzen, andererseits wird aber durch ihre Verwertung der Betrieb eines Dieselmotors nicht rentabler, da der Preis der Abwärme bedeutend höher ist, als der einer gleichen Wärmemenge, die in besonderen Heizungskesseln erzeugt würde.[94])

Wir kommen also bei der Betrachtung der Eignung der Dieselmaschine für die deutsche Industrie zu dem Ergebnis, dass sie da, wo es hauptsächlich auf Betriebskosten ankommt, in Betrieben ohne Abwärmeverwertung nur bei kleineren Leistungen, bei Abwärmeverwertung aber garnicht gegen die Dampfmaschine konkurrieren kann. In der Krafterzeugung mit Abwärmeausnutzung wird, wie Nägel sich ausdrückt[95]), „die ehrwürdige Dampfkraft für alle Zeiten ihren Platz behaupten."

Im Ausland ist die Bewertung des Dieselmotors als Kraftmaschine für Kraftwerke und Industrie oft eine günstigere, und zwar einmal da, wo die Brennstoffe nicht im Lande vorhanden und daher mit teuren Frachten belastet sind, so dass das geringere Gewicht eine grosse Rolle spielt; zum anderen Mal in der Nähe der Erdölgewinnungsstätten, wo meist die Kohlen teurer als das Oel sind. Direkt bei den Quellen tritt freilich oft eine Umkehrung insofern ein, als das Oel so billig ist, dass man auf seine sparsame Verwendung keinen Wert legt und es, wie in der Umgegend von Baku, ruhig unter Dampfkesseln verbrennt, die sich in der Anschaffung billiger stellen.

c) Im Handwerk.

Im Handwerk gelten heute für den Gebrauch von Kraftmaschinen, soweit es sich um grosse Betriebe handelt, dieselben Bedingungen wie in der Kleinindustrie. Wir wollen uns daher hier nur mit den kleineren Handwerksbetrieben beschäftigen.

---

[90]) Urbahn-Reutlinger, a. a. O. S. 175.

[91]) Ludwig Schneider, Die Abwärmeverwertung im Kraftmaschinenbetrieb. Berlin 1912. S. 9.

[92]) Schneider, a. a. O. S. 93.

[93]) W. Gentsch a. a. O. (Z. V. D. I. 1916) S. 982 ff.

[94]) Schneider a. a. O. S. 7.

[95]) A. Nägel, Die neuere Entwicklung der ortsfesten Oelmaschinen. (Z.V.D.I. 1911) S. 1339.

Ein besonderes Merkmal solcher Betriebe, vom maschinentechnischen Standpunkt aus, ist die kurzfristige Benutzung der Kraftmaschinen, das kurz hintereinander folgende Ein- und Ausschalten. Im Tischlerei- und Zimmereibetrieb z. B. werden ein paar Bretter, Bohlen oder Balken hintereinander, oft sogar nur ein Stück, zersägt, gehobelt oder gefräst, und dann wird die Maschine wieder stillgesetzt. Das geschieht zwar in industriellen Betrieben des gleichen Berufszweiges auch, aber hier sind eine ganze Reihe von Maschinen und Arbeitern vorhanden, so dass bald die eine und bald die andere Maschine laufen muss, was einen fast kontinuierlichen Kraftbedarf zur Folge hat. Der kleine Handwerksmeister dagegen, der nur mit ein paar Gesellen und Lehrlingen arbeitet, sieht, wenn er eine eigene Kraftanlage hat, zu, dass, soweit möglich, alle Arbeiten an den wenigen vorhandenen Maschinen zu gleicher Zeit ausgeführt werden, um nicht unnützen Brennstoff zu verbrauchen.

Infolgedessen ist für solche Betriebe der Elektromotor am geeignetsten. Jede Arbeitsmaschine hat ihre eigene Kraftquelle, es wird nur gerade so viel Energie verbraucht, wie die betreffende Arbeit benötigt, und eine Umstellung des Schalters reicht aus, um die Maschine in Gang zu bringen oder anzuhalten.

Im allgemeinen wird daher eine eigene Kraftmaschine nur noch da angewendet, wo noch kein elektrischer Strom vorhanden ist, oder wo die Strompreise ungewöhnlich hoch sind. Beides kommt bei uns nur noch auf dem flachen Lande vor.

In diesen Fällen sind es bei dem geringen Kraftbedarf nur drei Kraftmaschinen, die benutzt werden können, der Explosions-, der Glühkopf- und der kompressorlose Dieselmotor (der Leuchtgasmotor, der früher in den Städten mit Gaswerk viel zu finden war, ist infolge seines sehr teuren Betriebes vom Elektromotor verdrängt und im Aussterben begriffen).

Der kompressorlose Dieselmotor, der, wie oben berichtet, erst nach dem Kriege eingeführt wurde, ist im Begriff, beide Konkurrenten zu verdrängen, obwohl seine Anschaffungskosten höher sind. Beide nämlich, der Explosionsmotor und der Glühkopfmotor, sind feuergefährlich.[96])

Die Brennstoffe des Explosionsmotors, Benzin, Benzol usw. sind wegen ihrer Leichtflüchtigkeit explosionsgefährlich und müssen daher auf Grund baupolizeilicher Vorschriften unter besonderen Vorsichtsmassregeln in einem bestimmten Abstand von bewohnten Gebäuden gelagert werden.[97]) Ausserdem sind sie bedeutend teurer als die Betriebsstoffe der Oelmotoren, — kostet doch Motorenbenzin heute etwa 40 RM für 100 kg, gegenüber etwa 19 RM für Gasöl.[98]) —

---

[96]) R. Diesel, Ueberblick über den heutigen Stand des Dieselmotorenbaues usw. (Z.V.D.I. 1911), S. 1348.

[97]) H. Jahr, a. a. O. S. 177.

[98]) Bei Fasslieferung an den Verbrauchsort.

Der Glühkopfmotor dagegen benutzt dieselben Oele wie der Dieselmotor, die erst bei Temperaturen von 50 bis 60° C zu verdampfen beginnen, daher ohne vorherige Erwärmung nicht explosiv sind und keinerlei Vorschriften unterliegen. Aber das vor Ingangsetzen des Glühkopfmotors notwendige Anwärmen des Glühkopfes[99]) mit einer Lötlampe, was nebenbei ziemlich lange dauert, und der im Betriebe glühende Kopf selbst bilden eine ständige Gefahrenquelle für leicht entzündbare Stoffe, wie Hobelspäne, Mehl usw. Dazu kommt, dass dieser sogenannte Halbdieselmotor mehr Brennstoff verbraucht als der Dieselmotor und daher teurer im Betrieb ist.[100]) Trotzdem hat sich der Glühkopfmotor in den letzten 15 Jahren, besonders in den nordischen Ländern sehr ausgebreitet, was er hauptsächlich neben seiner Billigkeit auch seiner Einfachheit verdankt, die ein technisch geschultes Personal für seine Bedienung erübrigt.[101])

Aber alles spricht dafür, dass der kompressorlose Dieselmotor, der heute schon bis herab zu Leistungen von 5 PS hergestellt wird und keine grössere Wartung verlangt als die beiden anderen Motorenarten, trotz seines höheren Anschaffungspreises bald das Feld allein beherrschen wird.

d) In der Landwirtschaft.

In der Landwirtschaft liegen die Verhältnisse ähnlich wie beim Handwerk; allerdings ist die Benutzungsdauer der Kraftmaschinen meist eine längere. Daher kommt es, dass ausser den vorgenannten Motoren als Konkurrenz für den Dieselmotor auch noch der Sauggasmotor in Frage kommt. Dieser ist besonders auf grösseren Gütern, wo er fest aufgestellt wird, deshalb sehr brauchbar, weil er sparsam arbeitet und neben Rohbraunkohle und Torf auch alle möglichen Abfallstoffe in seinem Generator vergast. Da besonders in Norddeutschland der Torf sehr verbreitet ist — die Ausdehnung der preussischen Torfmoore allein schätzt man auf 2,5 Millionen ha bei einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 3 m[102]) — wäre seine ausgedehntere Anwendung in der Nähe der Fundstellen, also in der Landwirtschaft, auch im Interesse unserer Volkswirtschaft sehr zu wünschen. Leider hat der Sauggasmotor einige Fehler, die seiner Verwendung oft im Wege stehen. Er braucht für seinen Betrieb bedeutend mehr Wasser als die anderen Motoren und seine Abwässer enthalten so schädliche Stoffe, dass es z. B. verboten ist, sie in Flüsse zu leiten.[103]) Der besondere Gaserzeuger verbietet es im allgemeinen,

---

[99]) S. Welsch, Der Glühkopfmotor, Berlin 1925, S. 1.

[100]) Fr. Barth, Die zweckmässigste Betriebskraft (Sammlung Göschen Nr. 225) S. 49.

[101]) Welsch, a. a. O. Vorwort.

[102]) R. Vater, Die neueren Wärmekraftmaschinen II, Berlin 1922, S. 22.

[103]) Otto Marr, Die neueren Kraftmaschinen. München und Berlin 1904, S. 56.

ihn wie die Explosionsmotoren und Rohölmotoren fahrbar auszuführen[104]), was in der Landwirtschaft erforderlich ist.

Für bestimmte Arbeiten, wie Pflügen, Dreschen usw. ist auch hier die Dampfmaschine in Form der Lokomobile sehr verbreitet. Da sie aber im allgemeinen nicht für so kleine Leistungen wie die Verbrennungsmotoren gebaut wird, ist sie für den kleinen Landwirt zu teuer in Anschaffung und Betrieb. Man findet sie daher in der Regel nur auf grösseren Gütern, oder sie wird genossenschaftlich von den kleineren Landwirten benutzt, wobei sie aber dem einzelnen stets nur für kurze Zeit zur Verfügung steht.

Auch der Elektromotor konnte wegen der schwierigen Arbeitsbedingungen und der hohen Strompreise in der Landwirtschaft bis jetzt nicht in grösserem Masse eingeführt werden.

Das Feld ist also auch hier, besonders bei kleinen und Mittelbetrieben, für den Dieselmotor günstig; er beginnt allerdings erst langsam den Explosionsmotor und den Glühkopfmotor, die gut eingebürgert sind, auf Grund seiner im vorigen Abschnitt geschilderten Vorzüge diesen Maschinen gegenüber, zu verdrängen.[105]) Man verwendet ihn in vier verschiedenen Ausführungsformen.[106]) Erstens als feststehenden Motor, zum Antrieb von Stromerzeugern oder direkt gekuppelt mit Pumpen, Mühlen, Sägen usw., zweitens als Lokomobile, d. h. auf einem von Pferden zu ziehenden Fahrgestell, zur Inbetriebsetzung derselben Maschinen und der Dreschmaschinen, drittens als Traktor zum Ziehen von Pflügen, Eggen, Walzen, Sämaschinen, Mähmaschinen usw., und viertens als Motorpflug. Von diesen vier Arten dürfte sich die Traktorform am besten einführen, zumal sie neuerdings so geliefert wird, dass durch Umschaltung auch eine Riemenscheibe zum Antrieb von feststehenden Arbeitsmaschinen benutzt werden kann; hierdurch ist die in der Landwirtschaft erforderliche Vielseitigkeit gesichert.

e) Sonstige Verwendung.

Wie schon oben erwähnt, wird der Dieselmotor gern als Antrieb für Pumpen (z. B. in der Kanalisation) verwendet, da hier eine schnelle Betriebsbereitschaft von grösster Wichtigkeit ist und die Explosionsmotoren, die gleich geeignet wären, in den hierzu erforderlichen Grössen kaum hergestellt werden. Eine besonders grosse Verwendung hat er als Antriebsmotor für Oelpumpen bei den ausserordentlich langen und weitverzweigten Erdölleitungen der Vereinigten Staaten, den sogenannten „pipe lines", gefunden. Hier kommt er heute fast ausschliesslich zur Anwendung und die für diesen Zweck verwendeten Dieselmotoren stellten, ihrer Leistung nach,

---

[104]) Von der Firma Julius Pintsch wurden vor einigen Jahren Versuche mit kleinen Generatoren ausgeführt, die auf Kraftwagen der Berliner Omnibusgesellschaft eingebaut waren.

[105]) Vgl. „Motor und Auto" Jahrgang 1922 S. 248.

[106]) Nach Prospekten der Herstellerfirmen.

im Jahre 1926 mit insgesamt 236 020 HP[107]) etwa 29 v. H. der gesamten in den U.S.A. installierten Dieselmaschinenleistung dar.[108]) Ueber die Vorteile des Pumpenantriebs durch Dieselmotoren berichtete F. Thilenius in einem der Vorträge, die anlässlich der Oel- und Gaskraftwoche 1925 überall in den Vereinigten Staaten gehalten wurden. Er bemerkte, dass seit 1921 sämtliche Pumpen in dem ihm unterstehenden Südabschnitt der „Prairie Pipe Line Co." durch Dieselmaschinen mit einer Gesamtleistung von 28 000 HP angetrieben würden. Es habe sich gezeigt, dass zwar die Unterhaltung bei ihnen teurer sei als bei Dampfmaschinen, dass das aber in den Gesamtkosten keine Rolle spiele, da der Brennstoffverbrauch (natürlich Erdöl) nur 0,5 lb. für die Pumpen-HP-Stunde betrage gegenüber 1,5 lb bei Dampfmaschinenantrieb.[109]) In ähnlichem Sinn äusserte sich an derselben Stelle J. T. English, der allerdings auch ein Beispiel brachte, wo der Dampfmaschinenbetrieb durch Verwendung von Kohlengrus als Brennstoff billiger war als der Motorenbetrieb, und daraus schloss, „dass die wirtschaftliche Ueberlegenheit der Oelmaschine nicht in allen Fällen gesichert sei".[109]) In der diesen Vorträgen folgenden Diskussion stellte ein anderer Fachmann aus seinen Erfahrungen fest, dass beim Pumpenantrieb im allgemeinen „die kleinste Dieselmaschine wirtschaftlicher als der höchstentwickelte Dampfantrieb" sei.[109]) Natürlich gilt dies nur für die bei den amerikanischen Oelleitungen gegebenen Verhältnisse; in anderen Ländern, wie auch in Deutschland, ist das nicht immer der Fall.

Auch im Transportwesen bürgert sich der Dieselmotor als ortsfeste Maschine ein. So werden heute solche Motoren zum Antrieb von Winden und Kränen in Häfen, bei Tiefbauarbeiten und auf Schiffen, besonders da, wo keine Elektrizität zur Verfügung steht, häufiger verwendet.[110])

II. Der Dieselmotor als Antriebsmaschine für Fahrzeuge.

Nachdem wir die Anwendungsmöglichkeiten der Dieselmaschine als ortsfester Motor in allen Zweigen unseres Wirtschaftslebens betrachtet haben, müssen wir uns nun ihrer Verwendung als Antriebsmaschine für die Verkehrsmittel zuwenden. Auf diesem Gebiete ist es ihr schon bisher gelungen, ihrer Hauptkonkurrentin, der Dampfmaschine, viel Abbruch zu tun und es dürfte ihr das bald noch in bedeutend grösserem Masse gelingen.

a) In der Schiffahrt.

Hauptsächlich ist es bis jetzt der Schiffsantrieb, in dem der Dieselmotor seine Triumphe feiert. Hier hat er nicht nur begonnen, auf den durch Maschinenkraft angetriebenen Schiffen im Ueberseeverkehr und den kleinen

---

[107]) 1 HP (horse power) ist annähernd = 1 PS.
[108]) L. H. Morrison, The Diesel Engine's Position in American Industrie. (Sonderdruck aus der Zeitschrift „Power" v. 11. 1. 1927) S. 5.
[109]) Industrial Applications of Oil Engines („Mechanical Engineering" New York. Bd. 47 (1925) Nr. 9) S. 743.
[110]) Nach Prospekten und Lieferlisten der Herstellerfirmen.

Fahrzeugen im Küsten- und Flussverkehr die fast allein herrschende Dampfmaschine zu verdrängen, sondern er wird auch immer häufiger auf den bisher maschinenlosen Ueberseeseglern als Hilfsmaschine eingebaut, so dass auch diese nicht mehr allein auf die Naturkräfte angewiesen sind.

1. Auf grossen Motorschiffen im Ueberseeverkehr.

Die Eignung der Dieselmaschine zum Schiffsantrieb anstelle der Dampfmaschine wurde bereits kurz nach dem Erscheinen des Motors untersucht. Schon am 2. November 1897 trug Diesel in sein Tagebuch, das er über die Entstehung der Maschine führte, ein[111]): „Besuch der Herren Gebrüder Howaldt aus Kiel", der Besitzer der Howaldtwerke, einer der grössten Kieler Schiffswerften. Von ihnen wurde der Motor nach verschiedenen Richtungen auf seine Brauchbarkeit als Schiffsmaschine untersucht.

(a) Die Entwicklung der Motorschiffe.

Der erste Versuch, Dieselmotoren für den Schiffsantrieb zu verwenden, wurde in Frankreich gemacht[112]), wo infolge der hohen Zölle und Abgaben, die auf den zum Betrieb nötigen Oelen lasteten, der Bau von ortsfesten Maschinen unterbunden war, während die Schiffe für den Seeverkehr das Oel zollfrei bekamen. Nicht viel später begann 1904 die Germaniawerft der Friedr. Krupp A.G. mit dem Bau von schnellaufenden Motoren zum Antrieb von Unterseebooten[113]), die die russische Marine bei der Werft bestellt hatte. Dies waren mit den 1905 von der Firma Gebrüder Sulzer in Winterthur (Schweiz) herausgebrachten[114]), langsamer laufenden Maschinen zusammen die ersten umsteuerbaren Dieselmotoren. Die Umsteuerbarkeit, d. h. die Möglichkeit die Maschine einmal vorwärts und einmal rückwärts laufen lassen zu können, ist für Schiffsmaschinen, die direkt die Welle antreiben, eine Grundbedingung; aber gerade sie hat bei den Verbrennungsmaschinen zuerst grosse Schwierigkeiten bereitet.

Es verging eine Reihe von Jahren, in denen die Verwendung des Dieselmotors hauptsächlich für Uboote und für den Betrieb von grösseren Küsten- und Flussschiffen (Wolgaschiffahrt) versucht wurde. Erst um das Jahr 1911 wagte man sich in verschiedenen Ländern an den Bau von Motorschiffen für den Ueberseeverkehr heran. In diesem Jahr durchquerte das 3 000 t grosse Frachtschiff „Toiler", das mit 200 PS-Motoren der Firma Benz & Co. Mannheim ausgerüstet war, „als erstes, mit Dieselmaschinen versehenes Fahrzeug mit eigener Kraft auf seiner Fahrt nach Kanada, den Ozean."[115])

---

[111]) Diesel, Entstehung usw., a. a. O. S. 87.

[112]) Diesel (Z. V. D. I. 1911) S. 1349.

[113]) C. Regenbogen, „Der Dieselmotorenbau auf der Germaniawerft." Sonderabdruck aus dem „Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft". 1913. S. 6.

[114]) Diesel (Z.V.D.I. 1911) S. 1350.

[115]) Umsteuerbare Schiffs-Dieselmaschinen usw. (Z.V.D.I. 1911) S. 1949.

Im selben Jahre begannen auch Blohm & Voss in Hamburg und Burmeister & Wain in Kopenhagen mit dem Bau von Motorschiffen und Schiffsdieselmotoren für die Fahrt nach Uebersee. Schnell folgten andere.

Das erste, auf einer deutschen Werft erbaute Motorschiff war „Monte Penedo", das, im Auftrag der Hamburg-Südamerikanischen Dampfschifffahrts-Gesellschaft von den Howaldt-Werken ausgeführt und mit Sulzer-Motoren versehen, am 10. Juli 1912 seine wohlgelungene Probefahrt unternahm.[116])

Bis zum Kriegsausbruch kamen noch eine Reihe weiterer Motorschiffe deutscher Reedereien dazu. Durch den Krieg aber wurde jede Bautätigkeit auf diesem Gebiete bei uns unterbunden. Sämtliche Dieselmotoren bauenden Werke begannen eiligst mit der Entwicklung schnellaufender, leichter Maschinen für Unterseeboote.

Zu Kriegsanfang besass die deutsche Marine 28 Uboote, von denen die ersten 18 noch mit Petroleummotoren der Firma Körting ausgerüstet waren[117]), die durch die Leichtflüchtigkeit des Brennstoffes grosse Explosionsgefahr boten. Nur die zuletzt gebauten 10 Boote besassen Dieselmaschinen. Bis Kriegsende waren 372 Uboote in Dienst gestellt worden und 437 befanden sich noch im Bau.[117]) Alle fertigen Boote mussten, soweit sie noch vorhanden waren, unseren Gegnern ausgeliefert werden.

Aus diesen Zahlen ergibt sich die ungeheure Bautätigkeit der deutschen Dieselmotorenfirmen während des Krieges. Die Auslieferung der Boote war ein grosser Schaden für unsere Wirtschaft, die bei Abbruch der Boote billig zu einer grossen Zahl guter schnellaufender Motoren gekommen wäre. So aber durften nur die für die Neubauten vorgesehenen Motoren verkauft werden. Sie haben schnell, meist zum Antrieb von Dynamos, Abnehmer gefunden.

Im Ausland, besonders in den neutralen Ländern, hatte inzwischen die Weiterentwicklung der Motorhandelsschiffe gute Fortschritte gemacht, „immer zahlreicher kamen die Oelmotorschiffe mit vorherrschend langsam laufenden Viertaktmotoren zur Anwendung; ohne Rückschläge vollzog sich ihre Einführung."[118]) Im Jahre 1915 entschloss sich eine der grössten Reedereien Dänemarks, die „Ostasiatische Kompagnie", ihre Dampfer abzuschaffen und durch grössere und schnelle Motorschiffe zu ersetzen.[119]) Sie hat diesen Beschluss durchgeführt und bis jetzt, wie ihre Bilanzen zeigen, nicht zu bereuen gehabt.[120])

---

[116]) O. Cornehls, Die neuere Entwicklung des Schiffsmotors usw. (Z.V.D.I. 1914) S. 1241 und H. Heymann, Betriebserfahrung mit der Dieselmotoranlage der „Monte Penedo" („Werft, Reederei, Hafen" 1924) S. 399.

[117]) „Schiffbau" 1919, S. 359.

[118]) „Dieselmaschinen II" S. 32.

[119]) Ersatz von Dampfern durch Dieselschiffe (Z.V.D.I. 1915) S. 886.

[120]) „Werft, Reederei, Hafen" 1925, S. 247.

Die Entwicklung der Zweitaktmaschinen machte grössere Schwierigkeiten und bis zum Jahre 1919 hatte nur die Firma Sulzer wirklich brauchbare, gut durchkonstruierte Motoren dieser Bauart als einfachwirkende Maschinen hergestellt.[118]) „Die Arbeit am Höchsterreichbaren, an doppeltwirkenden Zweitakt“[118]) blieb unserer heimischen Industrie vorbehalten, die sofort nach Kriegsschluss kräftig an deren Vollendung arbeitete und in den letzten Jahren die Erwartungen, die sie auf dieses System setzte, erfüllt sehen konnte.

Ausser diesen Maschinen haben aber auch die Viertaktmaschinen in der Nachkriegszeit bei uns eine rasche Weiterentwicklung gefunden. Und, nachdem eine gewisse Zeitspanne nach Kriegsende verstrichen war, während der beim Wiederaufbau unserer Handelsflotte fast keine Motorschiffe im Bauprogramm unserer Werften standen, was aber nur auf die „Bedingungen des Reedereientschädigungsvertrages“ zurückzuführen war[121]), hat sich die Zahl der in Deutschland auf Stapel gelegten Motorschiffe von Jahr zu Jahr erhöht.

(b) Einige Zahlen über Motorschiffe und Motorschiffbau.

Die Bedeutung, welche das Motorschiff in allen Ländern, die Schiffbau treiben, erhalten hat, und den Anteil der deutschen Industrie daran zeigen die Zahlen der nachstehenden Tabellen.

Tabelle 9.

In der ganzen Welt im Bau befindliche und in Auftrag gegebene Schiffe über 100 Br.-Reg.-T.[122])

Datum[123])	Dampfer		Motorschiffe		Insges. einschl. Segler usw.		in v. H. der Gesamtton.	
	Zahl	Br.-Reg.-T.	Zahl	Br.-Reg.-T.	Zahl	Br.-Reg.-T.	Dampfer	Motorschiffe
31.12.1922	625	2 640 572	107	288 057	815	2 954 318	89,5	9,8
31. 3.1923	641	2 511 789	118	327 232	818	2 860 072	87,9	11,5
30. 6.1923	571	2 136 924	131	387 936	765	2 543 856	84,0	15,2
30. 9.1923	513	1 899 436	127	460 868	687	2 377 697	80,0	19,4
31.12.1923	568	1 793 579	151	634 027	759	2 444 336	73,3	26,1
31. 3.1924	588	1 801 716	154	694 712	802	2 516 504	71,9	27,7
30. 6.1924	577	1 785 480	154	810 655	786	2 616 897	68,5	31,0
30. 9.1914	516	1 621 569	176	939 899	737	2 581 012	62,9	36,3
31.12.1924	452	1 530 884	170	923 738	656	2 470 436	62,0	37,4
31. 3.1925	446	1 357 834	189	1 021 631	676	2 396 910	56,5	42,6
30. 6.1925	406	1 212 525	199	1 129 912	674	2 369 831	51,0	47,6
30. 9.1925	353	1 090 456	198	1 088 888	609	2 206 905	49,6	49,4
31.12.1925	312	1 041 119	187	1 007 381	539	2 069 545	50,4	48,7
31. 3.1926	316	1 078 236	178	913 099	524	2 010 206	53,6	45,5
30. 6.1926	292	1 051 649	172	885 100	512	1 970 687	53,3	45,0

Fortsetzung der Tabelle 9.

Datum[123])	Dampfer		Motorschiffe		Insgesamt einschl. Segler usw.		in v. H. der Gesamttonnage	
	Zahl	Br.-Reg.-T.	Zahl	Br.-Reg.-T.	Zahl	Br.-Reg.-T.	Dampfer	Motorschiffe
30. 9.1926	254	953 199	171	869 509	477	1 850 697	51,7	47,0
31.12.1926	257	1 005 224	182	905 675	476	1 933 027	52,0	47,0
31. 3.1927	373	1 370 490	230	1 172 178	645	2 569 864	53,3	45,6
30. 6.1927	370	1 366 809	268	1 459 595	671	2 840 545	48,3	51,3
30. 9.1927	363	1 468 842	273	1 589 510	663	3 074 057	47,8	51,8
31.12.1927	376	1 494 532	288	1 609 888	693	3 118 721	48,1	51,7
31. 3.1928	369	1 389 605	275	1 490 867	667	2 853 254	47,8	51,5
30. 6.1928	329	1 138 463	276	1 500 544	650	2 660 462	42,7	56,4
30. 9.1928	300	1 084 958	254	1 419 602	587	2 521 342	43,1	56,2
31.12.1928	342	1 211 553	257	1 395 868	622	2 618 001	46,3	53,3
31. 3.1929	428	1 428 466	278	1 399 581	730	2 837 812	50,5	49,4
30. 6.1929	447	1 394 168	288	1 432 220	759	2 838 225	49,2	50,6

Wir ersehen aus der Tabelle 9, dass die im Bau befindlichen Motorschiffe im Durchschnitt viel grösser sind als die Dampfschiffe (am 31. 3. 1929 rund 5 000 gegenüber rund 3 300 Br.-Reg.-T.) und ferner, wie die Motorschiffe an Zahl und Grösse von Jahr zu Jahr zunahmen, während die Dampfschiffe eher die umgekehrte Tendenz zeigten. Aus den letzten beiden Spalten, die die Anteile der beiden Schiffsarten (Dampfer und Motorschiffe) an der Gesamttonnage prozentual wiedergeben, ist deutlich zu erkennen, wie der Motorschiffbau sich immer mehr dem Dampfschiffbau nähert, bis er ihn am 30. 6. 1927 zum ersten Male überholt. Seitdem ist das Verhältnis der beiden Schiffsarten zu einander annähernd konstant geblieben, wobei der Motorschiffsraum, mit einer Ausnahme, immer etwas über dem Dampfschiffsraum lag.

Wie sich die Bautätigkeit auf die einzelnen Länder verteilt, zeigt Tabelle 10.

Die Zahlen geben einen interessanten Ueberblick über die Bauländer der einzelnen Schiffsarten. Man sieht, dass England bei beiden Schiffsarten etwa die Hälfte des gesamten Schiffbaus der Welt an sich zieht. In weitem Abstand folgt Deutschland, das wieder, wie vor dem Kriege, seinen zweiten Platz eingenommen hat und in seiner Gesamttonnage einen grossen Vorsprung vor dem dann folgenden Holland besitzt, wobei es von diesem

---

[121]) W. Cuno, „Zur Lage der Seeschiffahrt". („Schiffahrts-Jahrbuch 1926", Hamburg 1926) S. 25.

[122]) Die Angaben stammen aus „Lloyds Register of Shipping" und sind dem „Wirtschaftsdienst", Hamburg VIII. — XIV. Jahrgang und der Zeitschrift „Werft, Reederei, Hafen", Hamburg IV. — X. Jahrgang entnommen.

Tabelle 10.

Am 31. 3. 1929 im Bau befindliche Schiffe.[124])

Länder	Dampfschiffe		Motorschiffe		Gesamttonnage einschl. Segler und anderer Fahrzeuge		v. H. der Gesamttonnage des Landes [125])		v. H. der Gesamttonnage der Schiffsart [125])	
	Anzahl	Br.-Reg.-T.	Anzahl	Br.-Reg.-T.	Anzahl	Br.-Reg.-T.	Dampfer	Motorschiffe	Dampfer	Motorschiffe
Deutschland	54	288 349	31	118 233	86	406 982	55,1	44,5	20,1	8,5
Frankreich	11	62 255	10	91 671	23	155 351	40,2	59,0	4,4	6,5
Großbritanien und Irland	243	818 120	78	537 289	328	1357 375	60,2	39,6	57,0	38,4
Holland	15	47 277	13	116 099	30	163 856	28,8	71,0	3,3	8,3
Italien	9	12 135	24	77 200	38	90 235	13,5	85,8	0,9	5,5
Dänemark	5	6 730	16	74 858	21	81 588	8,3	91,7	0,5	5,3
Japan	7	19 700	20	127 310	27	147 010	13,4	86,6	1,4	9,1
Russland	10	28 320	29	88 068	39	116 388	24,3	75,5	2,0	6,3
U. S. A.	14	74 205	12	18 789	30	96 438	77,1	19,5	5,4	1,4
Uebrige Länder	60	71 375	45	150 064	108	222 589	32,0	67,3	5,0	10,7
Insgesamt	428	1428 466	278	1399 581	730	2837 812	50,5*	49,4*	100,0	100,0

* ungewogen; gewogen siehe Anm. 127.

im Motorschiffsraum fast erreicht, von Japan zu diesem Zeitpunkt[126]) sogar übertroffen wurde. Mit Ausnahme der beiden grössten Schiffbauländer England und Deutschland, die natürlich den Gesamtdurchschnitt sehr stark beeinflussen[127]), und der Vereinigten Staaten ist der auf Stapel liegende Motorschiffsraum in allen Ländern bedeutend grösser als der der Dampfschiffe.

Gleichfalls von grösstem Interesse sind die in der folgenden Tabelle 11 angegebenen Durchschnittsgrössen der Schiffsbauten in den verschiedenen Ländern.

---

[123]) Erst von diesem Datum an gibt Lloyds die Zahlen wieder einschliesslich Deutschlands und Danzigs an.

[124]) „Wirtschaftsdienst" XIV. Jahrg. (1929) Heft 17, S. 739 nach dem ersten Vierteljahrsbericht 1929 von „Lloyds Register of Shipping".

[125]) Aus den vorherstehenden Zahlen errechnet.

[126]) Die Zahlen schwanken von Vierteljahr zu Vierteljahr sehr stark, da sie nicht nur von dem Eingang der Aufträge, sondern auch von der Schnelligkeit der Fertigstellung der einzelnen Schiffsbauten abhängen.

[127]) Die beiden Durchschnittsprozentsätze von 50,5 für Dampfer und 49,4 für Motorschiffe sind gewogen und würden ungewogen 35,3 bzw. 64,1 lauten.

Tabelle 11.

Durchschnittsgrösse der in den einzelnen Ländern am 31. 3. 1929 im Bau befindlichen Schiffe.[124])

Länder	Dampfschiffe Br.-Reg.-T.	Motorschiffe Br.-Reg. T
Deutschland	5 300	3 800
Frankreich	5 700	9 200
Grossbritanien und Irland	3 400	6 900
Holland	3 200	8 900
Italien	1 400	3 000
Dänemark	1 300	4 700
Japan	2 800	6 400
Russland	2 500	3 000
U. S. A.	5 300	1 600
Übrige Länder	1 200	3 300
Insgesamt	3 300	5 000

Es ist eigenartig zu sehen, dass die Vereinigten Staaten, die zurzeit nächst Frankreich die grössten Dampfer auf Stapel haben, in der Motorschiffsgrösse an letzter Stelle stehen. Dänemark dagegen, das im Augenblick die kleinsten Dampfschiffe baut, erreicht im Motorschiffbau annähernd die Durchschnittsgrösse. Deutschland, das im Dampfschiffbau mit den Vereinigten Staaten gleich steht, baut augenblicklich meist kleinere Motorschiffe.

Betrachten wir einmal das Verhältnis von Dampfschiffbau zu Motorschiffbau nicht von der Schiffsseite, d. h. vom Raumgehalt der im Bau befindlichen Schiffe, sondern von den Maschinen aus, die zum Teil in anderen Ländern hergestellt werden, so sehen wir ein Bild, wie es Tabelle 12 bietet. In der darauffolgenden Tabelle 13 ist das prozentuale Verhältnis der Angaben der Tabelle 12 dargestellt.

Es zeigen sich hier ähnliche Verhältnisse wie beim Schiffbau, nur dass Deutschland in der Gesamtleistung der im Bau befindlichen Oelmaschinen augenblicklich[126]) von einigen Ländern übertroffen wird, die grössere Maschinen bauen. Der Zahl nach ist es nur Schweden, das neben England Deutschland übertrifft. Die Angaben für Dänemark und die Schweiz zeigen klar erkennbar die wirtschaftliche Bedeutung der Dieselmotorenindustrie für diese Länder. In der Gesamtleistung aller Maschinen würde Deutschland sicherlich an zweiter Stelle stehen, wenn die Lloyds nicht vorliegenden Zahlen für die Dampfturbinen in der Aufstellung berücksichtigt wären.

---

[124]) Aus Tabelle 10 errechnet und auf volle Hundert abgerundet.

[125]) Die Daten basieren auf Angaben der Maschinenfabriken und sind „Lloyds Register of Shipping" Schiffbaubericht für das dritte Vierteljahr 1929 (London 1929) entnommen.

Tabelle 12.

Im Bau oder Einbau befindliche Schiffs-Antriebsmaschinen für seegehende Schiffe (Zustand Ende September 1929)[129])

Bauland	Dampfmaschinen				Oelmaschinen		Insgesamt	
	Kolbenmaschinen		Turbinen					
	Anzahl	PS.	Anzahl	PS.	Anzahl	PS.	Anzahl	PS.
Dänemark	2	3 200	—	—	36	180 850	38	184 050
Deutschland	46	57 675	nicht	vorhanden	40	88 145	86	14 820*
Frankreich	1	240	2	63 000	8	69 800	11	133 040
Grossbritanien und Irland	216	360 521	30	245 040	84	424 474	330	1030 035
Holland	20	24 040	1	1 450	21	109 690	42	135 180
Italien	11	7 150	—	—	19	115 200	30	122 350
Japan	1	2 000	—	—	12	84 480	13	86 480
Russland	8	9 800	—	—	11	36 610	19	46 410
Schweden	11	8 640	3	2 265	94	94 414	108	105 319
Schweiz	—	—	—	—	21	88 530	21	88 530
U. S. A.	2	4 400	9	92 200	32	31 547	43	128 147
Andere Länder	38	43 110	2	31 000	3	10 500	43	84 610
Insgesamt	356	520 776	47	434 955*	381	1334 240	784	2 289 971*

* ausschliesslich der in Deutschland im Bau befindlichen Turbinen.

Tabelle 13.

Prozentuales Verhältnis der Leistungen der Schiffs-Maschinen für seegehende Schiffe.[130])

Bauland	v. H. Gesamtleistung des betreff. Landes			v. H. der Gesamtleistung der betr. Maschinenart			
	Kolbendampfmasch.	Dampfturbinen	Oelmaschinen	Kolbendampfmasch.	Dampfturbinen	Dampfmasch. überhaupt	Oelmaschinen
Dänemark	1,8	—	98,2	0,6	—	0,3	13,6
Deutschland	39,6	?	60,4	11,1	?	5,5*	6,6
Frankreich	0,2	47,4	52,4	0,0	14,5	7,3	5,2
Grossbritanien u. Irland	35,0	23,8	41,2	69,2	56,2	62,7	31,8
Holland	17,8	1,1	81,1	4,6	0,3	2,4	8,3
Italien	5,9	—	94,1	1,4	—	0,7	8,6
Japan	2,3	—	97,7	0,4	—	0,2	6,3
Russland	21,2	—	78,8	1,9	—	1,0	2,7
Schweden	8,2	2,2	89,6	1,7	0,5	1,1	7,1
Schweiz	—	—	100,0	—	—	—	6,6
U. S. A.	3,4	72,0	24,6	0,8	21,3	11,0	2,4
Andere Länder	51,0	36,6	12,4	8,3	7,2	7,8	0,8
Insgesamt	22,7	19,0*	58,3	100,0	100,0	100,0	100,0

* ausschliesslich der in Deutschland im Bau befindlichen Turbinen.

Die folgende Tabelle 14 gibt einen Ueberblick über die Durchschnittsgrössen der verschiedenen, in den einzelnen Ländern gebauten Maschinen.

Tabelle 14.

Durchschnittliche Leistungen der im Bau oder Einbau befindlichen Antriebsmaschinen für seegehende Schiffe.[130])

Bauland	Dampfmaschinen		Oelmaschinen
	Kolbenmaschinen PS	Turbinen[131]) PS	PS
Dänemark	1 600	—	5 000
Deutschland	1 250	?	2 200
Frankreich	240	31 500	8 700
Grossbritanien und Irland	1 670	8 200	5 000
Holland	1 200	1 450	5 200
Italien	650	—	6 100
Japan	2 000	—	7 000
Russland	1 220	—	3 300
Schweden	790	750	1 000
Schweiz	—	—	4 200
U. S. A.	2 200	10 200	990
Andere Länder	1 130	15 500	3 500
Insgesamt	1 460	9 200	3 500

Man sieht, dass die ganz grossen Leistungen den Dampfturbinen gehören; die Kolbendampfmaschinen werden, mit Ausnahme der Vereinigten Staaten, im allgemeinen nur bei Leistungen bis 2 000 PS benutzt, während die Durchschnittsleistung der Dieselmaschinen bei 3 500 PS liegt. Es wird auch deutlich, dass die grösseren Gesamtleistungen der Dieselmotoren Dänemarks, Hollands, Italiens und der Schweiz gegenüber denen Deutschlands sich aus den bedeutend grösseren Durchschnittsleistungen der Motoren dieser Länder ergeben. Bemerkenswert sind die schwedischen Zahlen, aus denen man vermuten kann, dass hier eine ganze Reihe sehr kleiner Motoren für Fischereifahrzeuge einbegriffen sind.

Da uns der Bau von Motorschiffen auf deutschen Werften besonders nahe liegt, ist in Tabelle 15 eine Zusammenstellung sämtlicher in Deutschland in den Jahren 1913 und 1920 bis 1928 fertiggestellten Schiffe gegeben.

---

[130]) Aus Tabelle 12 errechnet.

[131]) Die Leistungen der Dampfturbinen sind noch etwas grösser, als die Zahlen zeigen, da sie an der Welle gemessen sind,, während es sich bei den Kolbendampfmaschinen und den Dieselmaschinen um indizierte, d. h. im Zylinder gemessene Leistungen handelt.

Tabelle 15.

Auf deutschen Werften fertiggestellte Schiffe.[132])

Jahr	Dampfschiffe		Motorschiffe		Schiffe überhaupt	
	Anzahl	Br.-Reg.-T.	Anzahl	Br.-Reg.-T.	Anzahl	Br.-Reg.-T.
1913	171	362 673	105	21 584	826	458 755
1920	132	296 133	102	7 130	324	325 992
1921	201	379 028	71	24 766	376	445 400
1922	196	576 165	8	34 793	234	624 856
1923	117	358 391	18	53 929	162	417 798
1924	99	162 886	20	84 837	138	249 788
1925	47	53 049	47	227 190	100	280 937
1926	43	109 573	27	145 684	77	259 281
1927	72	191 022	38	66 056	120	261 105
1928	46	117 326	39	178 949	95	299 117
1920 – 1928	953	2 243 573	370	823 334	1 626	3 164 274

Für unsere Handelsbilanz bedeutungsvoll ist hierbei der steigende Anteil der für fremde Rechnung hergestellten Motorschiffe, der sich aus Tabelle 16 ergibt.

Tabelle 16.

Von den auf deutschen Werften hergestellten Schiffen wurden für fremde Rechnung fertiggestellt.[132])[133])

Jahr	Dampfschiffe			Motorschiffe			Schiffe überhaupt			Anteil der Motorschiffe a. der Gesamttonnage v. H.
	Anzahl	Br.-Reg.-T.	v. H. der ganzen Dampfschiffstonn.	Anzahl	Br.-Reg.-T.	v. H. der ganzen Motorschiffstonn.	Anzahl	Br.-Reg.-T.	v. H. der Ges.-tonn.	
1913	40	22 690	6,3	38	3 260	15,2	170	34 848	7,6	9,4
1920	24	82 308	27,8	4	66	0,9	40	84 723	24,9	0,1
1921	20	37 535	9,9	18	1 653	6,7	50	40 667	9,1	4,1
1922	6	21 128	3,7	1	4 961	14,3	9	26 536	4,3	18,7
1923	8	17 172	4,8	5	19 212	35,7	15	37 024	8,9	52,0
1924	38	30 911	19,0	6	21 183	25,0	45	52 305	21,0	40,5
1925	8	10 920	20.6	22	139 824	61,5	30	150 744	53,3	93,0
1926	6	12 427	11,3	14	99 593	68,3	21	112 360	43,5	88,6
1927	13	24 998	13,1	9	18 286	27,7	22	43 284	16,6	42,2
1928	13	14 796	12,6	15	71 066	39,7	28	85 862	28,7	82,9
1920-1928	136	252 195	11,2	94	375 844	45,7	260	633 505	20,2	59,5

Hierzu sei noch bemerkt, dass nach dem Kriege auf ausländischen Werften für deutsche Rechnung nur 66 Seeschiffe mit insgesamt 106 698 Br.-Reg.-T. gebaut worden sind, von denen 18 Motorschiffe mit zusammen 42 213 Br.-Reg.-T. waren.[132])

Zum Schluss dieses Abschnitts wollen wir noch den in der Welt bis jetzt vorhandenen Motorschiffsraum und seinen Anteil an dem überhaupt zur Verfügung stehenden Weltschiffsraum betrachten.

Nach Haslinger[134]) betrug der Schiffsraum der Welt am 30. 6. 1926 insgesamt 64 784 370 Br.-Reg.-T., von denen 62 671 937 Br.-Reg.-T. auf Dampfer und Motorschiffe und 2 112 433 Br.-Reg.-T. auf Segelschiffe entfielen. Die rund 3,5 Millionen Br.-Reg.-T. Motorschiffstonnage[135]) stellten einen Anteil von 5,4 v. H. der Gesamttonnage dar. Das ist noch verhältnismässig wenig, aber bei dem starken jährlichen Anwachsen der Motorschiffstonnage gegenüber einem ungefähren Stillstand der Dampfschiffstonnage[136]), (es wird in jedem Jahr annähernd ebensoviel Dampfschiffsraum abgewrakt, wie neu hinzu kommt), steigt der Anteil der Motorschiffe am Weltschiffsraum, wie Tabelle 17 zeigt, fortdauernd.

Tabelle 17.

Veränderungen im Antrieb der Schiffe der Welt (in v. H. der gesamten Br.-Reg.-T.[137])

Antrieb		1914*	1924	1925	1926	1927	1928	1929
Segel		8,06	3,92	3,50	3,26	2,95	2,68	2,45
Motor		0,45	3,09	4,20	5,39	6,55	8,12	9,73
Dampf	Oelfeuerung	2,65	92,99	27,54	28,16	28,35	28,49	28,53
	Kohlenfeuerung	88,84		64,76	63,19	62,15	60,71	59,29
		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

*jeweils am 1. Juli.

---

[132]) Die Zahlen sind den „Vierteljahrsheften zur Statistik des Deutschen Reichs", 36. Jahrgang (1927) 1. Heft, S. 98 und 38. Jahrgang (1929) 1. Heft, S. 156 entnommen.

[133]) Die Prozentsätze sind aus den Tabellen 15 und 16 errechnet.

[134]) F. Haslinger, „Der Stand der Welthandelsflotte" („Weltwirtschaftliches Archiv" Bd. 24 (1926 II) S. 346 f.

[135]) Vgl. Tabelle 18.

[136]) Genauere Zahlen darüber bringt ein Aufsatz von Kielhorn und F. Hechstetter, Die alternde Handelsflotte („Werft, Reederei, Hafen", 8. Jahrg. (1927) Nr. 3. S. 45).

[137]) Nach „Lloyds Register Book" 1924/25 und 1925/26, entnommen „Werft, Reederei, Hafen" 7. Jahrg. (1926) Nr. 1, S. 5 und „Wirtschaftsdienst" XIV. Jahrg. (1929) Heft 29, S. 1263.

Der Anteil des Motorschiffsraums an der Welttonnage stieg von 1914 bis 1926 auf das 12,2 fache oder um 1 100 v.H.[134]), von 1924 bis 1928 auf über das Dreifache.

Das Anwachsen der Zahl und Grösse der Motorschiffe der Welt in der Zeit von 1914 bis 1929 sowie der jeweils vorhandene Motorschiffsraum ist aus Tabelle 18 zu entnehmen.

Tabelle 18.

Zahl, Schiffsraum und Durchschnittsgrösse der Motorschiffe der Welt (einschl. der Schiffe mit Hilfsmotoren.)[138])

Jahr	Anzahl	Br.-Reg.-T.	Durchschnittsgrösse in Br.-Reg.-T.	Zunahme der Tonnage gegenüber dem Vorjahr in v. H.	Zunahme der Tonnage gegenüber dem Stand nach dem Kriege (1919) in v. H.
1914	297	234 287	789	—	—
1919	912	752 606	825	—	—
1920	1 178	955 810	811	27	27
1921	1 473	1 248 800	848	31	66
1922	1 720	1 542 160	896	24	106
1923	1 831	1 668 414	911	8	122
1924	1 950	1 975 798	1 013	18	163
1925	2 145	2 714 073	1 266	37	260
1926	2 343	3 493 284	1 490	29	365
1927	2 552	4 270 824	1 670	22	468
1928	2 933	5 432 302	1 860	28	622
1929	3 246	6 628 102	2 040	22	782

Das ständige Anwachsen der Durchschnittsschiffsgrösse fällt in die Augen.

Welche Bedeutung dem Motorschiffbau im Auslande beigelegt wird, zeigen die Aeusserungen zweier sehr bekannter Zeitschriften[139]): „Motorship and Motorboat", ein englisches Blatt, meint in einem 1919 erschienenen Aufsatz, dass dasjenige Land, welches in den nächsten zehn Jahren im Motorschiffbau erster sei, auch die führende Stellung im gesamten Welthandelsschiffbau inne haben werde. Und die amerikanische Zeitschrift „Motorship" behauptete zur gleichen Zeit voll Stolz: „America is to be the greatest motorship-owning nation", was sich allerdings bis jetzt nicht erfüllt hat.[140])

---

[138]) Nach E. Luchsinger, Lloyds Register of Shipping. Jahresbericht 1925—1926 („Werft, Reederei, Hafen", 8. Jahrg. (1927) Nr. 4) S. 72, sowie „The Motor Ship", London Bd. IX (1928) Nr. 104, S. 282 und Bd. X (1929) Nr. 113, S. 166.

[139]) P. Rieppel, Aussichten und Aufgaben des Oelmaschinenbaues (Z.V.D.I. 1920) S. 1022.

[140]) „Werft, Reederei, Hafen", 8. Jahrg. (1927) S. 45.

(c) Motorschiff oder Dampfschiff?

Was ist es nun eigentlich, das dem Motorschiff seine Ueberlegenheit gegenüber dem Dampfschiff verschafft?

Zu allererst die geringe Grösse des für die Aufstellung der Maschinen und die Brennstofflagerung benötigten Platzes. Während sich auf dem Lande dieser Vorteil nur in den Anlagekosten und ihrer Verzinsung ausdrückt, bedeutet er bei Schiffen einen grösseren Laderaum, also eine Mehreinnahme, oder aber die Möglichkeit, das Schiff bei dem gleichen Fassungvermögen kleiner zu bauen.

Besonders der geringe Raumbedarf und die bessere Unterbringungsmöglichkeit des Brennstoffs spielt eine grosse Rolle. Um für ein Motorschiff Betriebsstoff für die gleiche Leistung und gleiche Fahrtdauer wie für ein gleich grosses Dampfschiff zu haben, braucht man nur etwa ein Viertel von dessen Bunkergrösse.[141]) Ausserdem kann das Treiböl der Dieselmotoren leicht an Stellen des Schiffes (z. B. im Doppelboden oder in den Ballasttanks) untergebracht werden[142]), die weder für die Lagerung der Kohlen noch für eine sonstige Ausnützung in Frage kommen.

Helander[143]) gibt nach „Brassey's Naval and Shipping Annual", London 1926, den aus Tabelle 19 ersichtlichen Vergleich der Ladefähigkeit und des Feuerungsbedarfes für vier annähernd gleichgrosse Schiffe mit verschiedener Antriebsart.

Tabelle 19.

Vergleich der Ladefähigkeit von gleich grossen Schiffen verschiedener Schiffstypen.[143])

Schiffsart	Tonnengehalt deadweight	Frachtbringende Ladung (in t.)	Feuerung für eine Reise von 16 Tagen (in t.)
Dampfer m. Kohlenfeuerung	10 230	7 850	856
Dampfer m. Oelfeuerung	10 235	8 555	600
Turbinenschiff[144])	10 235	8 743	472
Dieselmotorschiff	10 050	9 357	194

Es kann also, wie aus Tabelle 19 ersichtlich, in dem noch etwas kleineren Dieselmotorschiff eine fast 20 v. H. grössere Ladung verfrachtet werden als in dem mit Kohle gefeuerten Dampfschiff. Der kleinere Raumbe-

---

[141]) Klamroth, Schiffsmaschinenkunde, Berlin 1916, S. 225.
[142]) Chalkley, Dieselmaschinen für Land- und Schiffsbetrieb, Berlin 1912 S. 115.
[143]) Sven Helander, Der Tonnageüberfluss in der Weltwirtschaft. (Weltwirtschaftliches Archiv Bd. 24 (1926 II), S. 84.

darf für eine bestimmte Leistung bedeutet aber auch umgekehrt, dass man bei gleicher Brennstoffmenge mit einem Motorschiff den vierfachen Weg eines Dampfers zurücklegen kann, ohne gezwungen zu sein, eine Bunkerstation anzulaufen. Dass das von grösster Bedeutung für Kriegsschiffe und für Handelsschiffe auf langen Fahrten ist, wird man begreifen. Bedeutet doch oft solch ein Aufsuchen von Bunkerstationen ein Abweichen vom direkten Kurse und somit einen Zeitverlust, ganz abgesehen von den Kosten, die durch das Bunkern selbst, durch Hafen- und Lotsengebühren entstehen.

Als weitere Vorteile der Dieselmaschinenschiffe sind zu erwähnen: Der geringere Personalbedarf, die kühleren Maschinenräume, die besonders in tropischen Gegenden von grosser Bedeutung für den Gesundheitszustand und die Leistungsfähigkeit der Bedienungsmannschaft sind, und das schnelle und saubere Einnehmen des Oeles, das in die Schiffstanks gepumpt wird.

Lord Inverforth, Besitzer der „Bank Line", sprach in einem Vortrag über die Erfahrungen, die er mit den 21 Motorschiffen seiner Linie gemacht hat, und nannte folgende Vorteile der Motorschiffe den Dampfschiffen gegenüber[145]):

„Geringerer Brennstoffverbrauch pro Tag; grösseres Fassungsvermögen für Ladung; ununterbrochene Fahrt; grösserer Aktionsradius; Fortfall der Schleppkosten; grosse Brennstoffersparnis durch Benutzung elektrischer Hilfsmaschinen; Ersparnis bei den Aufenthaltskosten; weniger Leute im Machinenraum; zufriedeneres Personal, dank der grösseren Sauberkeit und Behaglichkeit."

Er berichtete, dass von zwei gleich grossen Schiffen seiner Flotte, einem Dampfer und einem Motorschiff, auf einer Fahrt von Japan nach Australien in Ballast und von dort nach England mit Weizen, das Motorschiff einen um 1 500 £ grösseren Gewinn erzielt habe, und gibt seiner Ueberzeugung unter anderem in folgenden Sätzen Ausdruck:

„I have not the slightest hesitation in saying that, even in these hard times, the high priced motorship show a decided advantage over steamships. This is not in trades particulary suitable to Diesel boats, but in trading generally all over the world."[145])

Die Anschaffungskosten der Motorschiffe sind etwa um 25 v.H. höher als die der Dampfschiffe.[146]) Sie müssen daher, um eine Rentabilität zu ermöglichen, durch die Betriebskosten, d. h. hauptsächlich durch die Ersparnis an Brennstoffkosten, ausgeglichen werden. Wieweit das möglich ist,

---

[144]) Nach der für das Turbinenschiff angegebenen Höhe des Brennstoffbedarfes ist dieses mit Oelfeuerung ausgerüstet.

[145]) „Motorship Yearbook" 4 ed. 1926 New York. S. 15 f.

[146]) „Werft, Reederei, Hafen" 6. Jahrg. (1925) S. 595 und S. Helander und F. Haslinger, Artikel „Seeschiffahrt" („Handwörterbuch der Staatswissenschaften" 4. Auflage Bd. 7, Jena 1926) S. 318.

hängt natürlich von den Brennstoffpreisen für Kohle und Oel ab, die in den einzelnen Welthäfen je nach ihrer Lage zu den Oel- und Kohlengewinnungsstätten, ganz verschieden sind.[147]) In Zeitschriften und Büchern findet man öfter Aufstellungen, die eine genaue Berechnung der Betriebskosten der beiden Schiffsarten geben, die aber, je nach der Einstellung des Verfassers und nach der als Beispiel gewählten Schiffsroute, bald den Vorteil des Motorschiffs, bald den des Dampfers beweisen.[148])

Die Frage, Motorschiff oder Dampfer, kann daher bei Aufstellung einer Vergleichsrechnung stets nur so gestellt werden, dass untersucht wird, ob auf einem bestimmten Schiffswege die Brennstoffpreise für die eine oder die andere Schiffsart günstiger liegen.

Von besonderem Interesse, weil von unparteiischer Seite stammend, ist hier eine Mitteilung, die Direktor Goos von der „Hapag" auf der Hamburger Oeltagung am 1. 3. 1924 machte.[149]) Er berichtete von Vergleichen, die an drei ähnlichen Schiffen dieser Linie von rund 10 000 t Tragfähigkeit gemacht wurden. Es ergaben sich hierbei für die Maschinenkosten einschliesslich Amortisation und Verzinsung folgende Verhältnisse:

„Saarland", Einschraubenschiff mit Triebturbinen und Kohlenfeuerung — — — — — — — — — 100 v.H.

„Münsterland", Zweischraubenschiff mit schnellaufenden Dieselmotoren und Zahnradübersetzung — — — — — — 76,5 v.H.

„Rheinland", Zweischraubenschiff mit direkt antreibenden Dieselmotoren — — — — — — — — — — 77,5 v.H.

Von besonderer Wichtigkeit ist aber auch der Aktionsradius, der bei dem Dampfschiff „Saarland" nur 6 300 sm, bei den Motorschiffen dagegen 25 000 bis 27 000 sm beträgt. „Ein weiterer Vergleich von drei Schwesterschiffen ergibt für die reinen Betriebskosten beim Motorschiff nur etwa 55 v.H. vom Dampfschiff; die gesamten Betriebskosten einschliesslich 15v.H. Verzinsung und Amortisation sowie Instandsetzungskosten ergeben beim Dieselschiff nur 80 v.H. der Ausgaben für das Dampfschiff."[149]) Leider ist in beiden Fällen nicht angegeben, auf welchen Strecken diese Vergleichsergebnisse erzielt wurden, und wie hoch die Kohlen- bzw. Oelpreise an den Bunkerstellen waren.

Ein besonderer Vorteil des Motorschiffs gegenüber dem Dampfer besteht darin, dass es ihm bei langen Fahrten oft möglich ist, seinen gesamten Brennstoffbedarf für die Hin- und Rückreise an einer einzigen Stelle einzunehmen, wofür natürlich der Platz mit den billigsten Oelpreisen auf dieser Route vorgesehen wird.[150]) Der Dampfer dagegen muss auf längeren

---

[147]) Vgl. Tabelle 20.

[148]) Vgl. Steam or Diesel engines? („The Motorship", London, Bd. 6, Jahrg. 1925—1926) S. 140 f.

[149]) „Schiffbau", Berlin, Bd. 25 (1924) Nr. 25.

[150]) Chalkley a. a. O. S. 116.

Reisen meist mehere Male Kohlen nehmen und kann sich daher nicht die günstigsten Preise auswählen. So brauchen die sogenannten „Round-the-Worlder" auf ihrer Weltfahrt New York — Panama — Australien — Ostindien — Suez-Kanal — Mittelmeer — New York, soweit es Motorschiffe sind, für die ganze 26540 Seemeilen lange Strecke nur einmal zu tanken, was in Panama geschieht, während Dampfer mit Kohlenfeuerung mindestens dreimal auf der gleichen Strecke — in Melbourne, Colombo und auf den Azoren — bunkern müssen.[151])

Die folgende, im Jahre 1925[152]) aufgestellte Tabelle 20 gibt näheren Aufschluss über die Brennstoffpreise in den verschiedenen Welthäfen. Die Preise liegen zwar heute etwas tiefer, das Verhältnis der einzelnen Häfen zueinander hat sich aber nur wenig verschoben.

Tabelle 20.

Brennstoffpreise in den verschiedenen Welthäfen (im Jahre 1925)[153])

Erdteil	Hafenplatz	Bunkerkohle RM pro t	Heizöl RM pro t	Treiböl RM pro t
Nord-Amerika	New York	24,20	43,90	58,10
	Baltimore	24,20	43,90	58,10
	New Orleans	23,20	38,85	52,—
Süd-Amerika	Rio de Janeiro	56,50	79,40	109,—
	Buenos Aires	48,40	77,70	96,60
	Montevideo	48,40	79,80	92,40
	Pernambuco	63,80	79,—	120,90
Asien	Hongkong	37,80	74,80	81,20
	Nagasaki	27,90	68,—	80,65
	Yokahama	37,80	86,70	86,70
	Kobe	36,10	86,70	86,70
Europa	Hamburg	22,50	74,—	85,40
	England (Ostküste)	16,—	73,—	88,—

Für den Antrieb der Motorschiffe kommt das in der letzten Spalte aufgeführte Treiböl in Frage; das an den meisten Plätzen billigere Heizöl eignet sich bis jetzt nicht für den Betrieb von Motoren, sondern nur zur Feuerung von Dampfkesseln. Wir sehen, dass die Verhältnisse bei uns in Europa am ungünstigsten liegen, da die Treibölpreise 5,5 bzw. 3,8 mal so hoch sind

---

[151]) A. C. Hardy, Motorshipping, London 1928, S. 18 und S. 140.
[152]) Ein genaues Datum ist nicht angegeben.
[153]) Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft, 27. Band 1926, S. 96.

wie die Kohlenpreise. (Infolge Senkung der Oelpreise ist das Verhältnis heute etwas günstiger.)

Im Durchschnitt rechnet man für dieselbe Leistung einen Verbrauch von 1 t Treiböl bei Motorschiffen auf 3 t Heizöl oder 4 t Kohle bei Dampfschiffen.[154])

Die Uebertragung der Maschinenleistung auf die Welle geschieht in verschiedener Weise. Man benutzt im allgemeinen entweder einen direkten Antrieb und wählt dafür langsam laufende Dieselmaschinen, da die günstigste Drehzahl der Schiffsschrauben bei 100 bis 110 Umdrehungen in der Minute liegt, oder man benutzt eine Uebertragung. Im europäischen Schiffbau wird heute das Zahnradvorgelege bevorzugt, während man in Amerika lieber mit elektrischer Uebertragung arbeitet. Hierbei treibt die Dieselmaschine einen Generator[155]) an, welcher seinen Strom Elektromotoren zuführt, die mit der Schraubenwelle gekuppelt sind.

Was die Eignung des Dieselmotors für die einzelnen Schiffsarten anbelangt, ist für Tankschiffe, die ja das Oel über den Ozean führen, der Dieselmaschinenantrieb das Gegebene, zumal bei Dampfanlagen die Feuersgefahr bedeutend grösser ist. Von 53 Ende September 1929 im Bau befindlichen Tankschiffen mit insgesamt 400 913 t Ladefähigkeit erhalten nur 8 mit zusammen 55 145 t Dampfantrieb, während 45 mit zusammen 345 768 t mit Dieselmotoren ausgerüstet werden.[156])

Bei den Frachtschiffen spielt neben dem grösseren Laderaum noch die Möglichkeit eine Rolle, eine höhere Fahrgeschwindigkeit zu erzielen, denn es hat sich gezeigt, „dass die Geschwindigkeit von Motorschiffen bei weitem nicht so stark durch Bunkergewichte begrenzt wird, wie dies bei Dampfschiffen der Fall ist.“[157]) Für Personenschiffe ist die Frage noch wenig geklärt, was günstiger ist, doch spricht für das Motorschiff hier besonders die Rauch- und Russlosigkeit und die Sauberkeit bei der Uebernahme des Brennstoffs.

Es seien hier kurz noch ein paar Daten gegeben, die, obgleich sie aus Zeitschriften und Büchern von Motorschiffsfreunden stammen, also nicht unparteiisch sind, doch das Vordringen des Motorschiffs deutlich zeigen:

Von den etwa 30 skandinavischen Reedereien, die zusammen über 209 Motorschiffe verfügen, besitzt die „Axel-Johnson-Linie“, die ihr erstes Motorschiff schon 1913 in Dienst stellte, jetzt 14 Motorschiffe und kein Dampfschiff mehr; die „Ostasiatiske-Kompagni“ hat heute nur noch 3 Dampfschiffe, aber 20 Motorschiffe.[158])

---

[154]) Vgl. Tabelle 19.

[155]) Maschine zur Erzeugung von elektrischem Strom.

[156]) „Lloyds Register of Shipping“ Schiffbaubericht für das dritte Vierteljahr 1929, London 1929.

[157]) „Das Motorschiff““ Beilage zu „Werft, Reederei, Hafen“. 7. Jahrg. (1927) S. 155.

[158]) „Werft, Reederei, Hafen“ 9. Jahrg. (1928) S. 420/21.

In Holland haben in den letzten Jahren der „Rotterdamsche Lloyd“ und die „Niederländische Dampfschiff-Gesellschaft“ nach und nach 30 grosse Passagier- oder Frachtschiffe mit Dieselantrieb bestellt, ohne einen einzigen Dampfer in Auftrag gegeben zu haben, ein Beweis für die Vorteile, die das Motorschiff im Verkehr zwischen Holland und Ostindien bieten muss.[159])

In England hat die „Horn-Line“ nach günstig verlaufenen Versuchen mit Motorschiffen jetzt alle ihre Dampfschiffe verkauft.[160])

Die sechzehn 13—14 kn-Schiffe, die für den Verkehr zwischen Europa und Kalifornien Anfang 1928 für deutsche, englische, schwedische, dänische und norwegische Reedereien im Bau waren, erhielten alle Oelmaschinenantrieb.[160])

Man erkennt aus alledem klar die Erfolge der Motorschiffahrt und Hardy hat recht, wenn er sagt: „The motorship owes its success to one factor and one factor alone — its economy of operation.“[161])

(d) Bemerkenswerte Motorschiffsbauten der letzten Zeit.

Von Motorschiffsbauten, die in der letzten Zeit besonderes Interesse beanspruchten, seien genannt:

Aus Italien:

Das 1927 fertiggestellte Fahrgastschiff „Augustus“ der „Navigacione Generale Italiana“, das mit 32 500 BRT das grösste bis jetzt gebaute Motorschiff der Welt ist und eine Geschwindigkeit von 20—21 kn entwickelt.[162])

Die 1927 und 1928 in Betrieb genommenen Fahrgastschiffe „Saturnia“ und „Vulcania“ der „Cosulich-Linie“ mit je 24 000 BRT und 19½ kn Geschwindigkeit.[162])[163])

Aus England:

Die „Britannic“, das nächst dem italienischen „Augustus“ grösste Motorschiff, ein 27 000 BRT grosses Fahrgastschiff für den Dienst Liverpool — New York der „White Star Line“ lief im August 1929 vom Stapel.[164])

MS „Alcantara“, ein 22 000 BRT grosses Fahrgastschiff von 17 kn Geschwindigkeit der „Royal Steam Packet Co“ befindet sich seit 1927 in Dienst.[162])

MS „Highland Monarch“, ein Fahrgast- und Gefrierfrachtschiff der „Nelson Line“ von 14 137 BRT und 15 kn und MS „Port Fairy“ ein reines Gefrierfrachtschiff der „Commonwealth and Dominion Line“ von 11 500 t Ladefähigkeit und 15 kn kamen 1928 in Betrieb.[163])

---

[159]) „The Motor Ship“, London Bd. X (1929) S. 96.

[160]) Profitable motor ships („The Motor Ship“, London Bd. IX (1928) S. 1.)

[161]) A. C. Hardy, Motorshipping, London 1928, S. 35

[162]) „The Motor Ship Reference Book for 1928“, London 1928 S. 200 ff.

[163]) „The Motor Ship Reference Book for 1929“, London 1929 S. 227 ff.

[164]) „The Motor Ship“, London Bd. X (1929) Nr. 114 S. 205.

Aus Frankreich:

MS „Lafayette“ ein Fahrgastschiff von 22 000 BRT, das grösste französische Motorschiff, lief im Mai 1929 vom Stapel.[165])

Aus Schweden:

MS „Kungsholm“ und MS „Gripsholm“, zwei Schwesterschiffe der „Schweden-Amerika-Linie“ von je 20 000 BRT und 17 kn sind die grössten Motorfahrgastschiffe der schwedischen Handelsflotte.[166])

Aus Deutschland:

Die Fahrgastschiffe der „Hapag“ „Milwaukee“ und „St. Louis“, zwei Schwesterschiffe von je 17 000 BRT und 16½ kn, die 1929 in Dienst gestellt wurden, sind die grössten deutschen Motorschiffe.[166])

Die MS „San Francisco“ und „Duisburg“, die die „Hapag“ seit 1928 in Fahrt hat, sind Frachtschiffe von je 10 000 t Ladefähigkeit mit einer Geschwindigkeit von 13 bzw. 13½ kn.[163])

Aus anderen Ländern seien noch erwähnt: Die beiden grössten holländischen Motorschiffe „Johan van Oldenbarnevelt“ und „Marnix van St. Aldegonde“, Fahrgastschiffe von je 19 000 BRT und 18 kn, die für den Dienst nach Holländisch Indien der „Niederländischen Dampfschiffahrtsgesellschaft“ in Bau sind[167]), und die 16 500 BRT grossen japanischen Fahrgastschiffe „Asama Maru“ und „Tatsna Maru“ der „Nippon Yusen Kaisha“, die in Japan selbst gebaut wurden und Ende 1928 bzw. Anfang 1929 vom Stapel liefen; ein drittes gleich grosses Schiff ist noch im Bau.[168])

Von grossen Tankschiffen sind besonders erwähnenswert das MS „Hallanger“ der Firma „Westfal, Larsen & Co.“, das bei 13 160 t Ladefähigkeit 11 kn entwickelt und in Holland gebaut wurde[163]); das für Russland in Frankreich gebaute MS „Neftesyndicat SSSR“ von 11 600 t Fassungsvermögen[169]) und das für die Vereinigten Staaten in England gebaute MS „Brunswick“, das bei 9 200 BRT eine Ladefähigkeit von 12 500 t besitzt. Dieses Schiff hat Diesel-elektrischen Antrieb und dürfte bis jetzt wohl das grösste Schiff mit dieser Uebertragungsart sein.[170])

Das schnellste Motorfrachtschiff ist augenblicklich das MS „Sud Americano“, das für die „Linea Sud Americana“ bei den „Deutschen Werken“ in Kiel für eine Geschwindigkeit von 16 kn vollbeladen gebaut wurde und bei seiner Probefahrt im Juli 1929 18,1 kn erreicht haben soll. Ein Schwesterschiff MS „Sud Expreso“ ist noch im Bau.[171]) Auch die „Osaka Shosen Kaisha“ baut sechs Frachtschiffe, die 16½ kn entwickeln sollen.[172])

---

[165]) „The Motor Ship“, London Bd. X (1929) Nr. 111 S. 106.
[166]) „The Motor Ship“, London Bd. IX (1929) Nr. 108 S. 501.
[167]) „The Motor Ship“, London Bd. X (1929) Nr. 111 S. 96.
[168]) „The Motor Ship“, London Bd. IX (1929) Nr. 107 S. 434.
[169]) „The Motor Ship“, London Bd. IX (1929) Nr. 106 S. 377.
[170]) „The Motor Ship“, London Bd. IX (1929) Nr. 102 S. 208.
[171]) „The Motor Ship“, London Bd. X (1929) Nr. 113 S. 170.
[172]) „The Motor Ship“, London Bd. X (1929) Nr. 114 S. 205.

Zuletzt sei noch das Eisenbahnfährschiff „Korsör" der Dänischen Staatseisenbahn erwähnt, das ebenfalls Antrieb von Dieselmotoren erhalten hat und seit 1927 im Betrieb ist.[162])

(c) Einfluss der Dieselmotoren auf die Weltschiffahrt.

In zweifacher Weise greift die Ausbreitung der Motorschiffahrt in die allgemeinen Seeschiffahrtsprobleme der Welt ein. Erstens wird durch sie, ebenso wie durch die Oelfeuerung der Dampfschiffe, der Bedarf an Bunkerkohle immer geringer. Daraus ergibt sich aber eine Zurückdrängung der Trampschiffahrt, die nur durch die „Kohlenfrachten, die anstelle von Ballast zur Verfügung standen", wirtschaftlich war. Schätzt doch „The Nautical Gazette" (1924) „die Kohlenkonsumtion der Welthandelsflotte auf 65 Mill. t, wovon etwa die Hälfte nach überseeischen Bunkerstationen verschifft wird. Hierfür werden 1,5—2 Mill. Tonnen Schiffsraum gebraucht, die im selben Masse freigesetzt werden, wie andere Brennstoffe an die Stelle der Kohle treten."[173]) Die dafür einsetzende Oelverschiffung erfolgt in Tankschiffen, welche für die allgemeine Frachtschiffahrt nicht verwendet werden können.

Zweitens wird durch die grössere „Verkehrskapazität" der Motorschiffe, die sich einerseits aus ihrer grösseren Ladefähigkeit und andererseits aus ihrer höheren Fahrgeschwindigkeit ergibt[174]), „ein relativer Tonnageüberfluss entstehen", so dass das Motorschiff nicht nur eine Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Welthandelsflotte mit sich bringen, sondern auch einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf den Weltfrachtenmarkt ausüben wird.[173])[174]) Ausserdem haben die Motorschiffe noch sonst einige Neuerungen in die Schiffahrt gebracht. So ist einmal durch die Geschwindigkeitssteigerung der mit Dieselmotoren ausgerüsteten Frachtschiffe die Möglichkeit geboten, Passagiere mitzunehmen, was beim Bau der Motorfrachtschiffe der „Hapag" und sämtlicher im Mittelmeer verkehrenden Frachtmotorschiffe durch Einbau von mehr als 20 Kabinen I. Klasse und einer etwa gleich grossen Zahl für Passagiere der III. Klasse, sowie durch Anordnung der nötigen Aufenthaltsräume zum Ausdruck gekommen ist.[175])

Ferner haben sich neue Schiffslinien gebildet, wie die „Pacific Coast — U.K. — Continent Services", „New York — Round the World Trade", „South America — New York coffee transportation", die alle erst ihre Entstehung dem rentableren Motorenbetrieb verdanken[176]), der zugleich gestattet, dass in der billigen Panamakanalzone der Betriebsstoff für die ganze Reise eingenommen wird.

---

[173]) S. Helander und F. Haslinger, Artikel „Seeschiffahrt" (Handwörterbuch der Staatswissenschaften 4. Aufl. Bd. 7 Jena 1926) S. 318.

[174]) „Das Motorschiff", Beilage zu „Werft, Reederei, Hafen", 7. Jahrg. (1926) Heft 6, S. 155.

[175]) Passenger cargo ships: a new phase of shipping. („The Motor Ship", London Bd. IX (1928) Nr. 102, S. 203).

[176]) „Motorship", New York, Bd. XII (1927) Nr. 12, S. 953 ff.

Aus alledem sehen wir also, dass das Motorschiff (also der Schiffsantrieb durch Dieselmaschinen), für die Weltschiffahrt von grosser Bedeutung geworden ist; ob es aber allmählich das Dampfschiff auf den Meeren ganz verdrängen wird, scheint besonders unter Berücksichtigung der Folgen, die das auf dem Oelmarkt hätte, mehr als zweifelhaft. Daher kann man wohl auch Sir Fortescue Flannery nicht ganz zustimmen, der in einem Vortrag am 11. Februar 1925 in der Royal Society of Arts das Absterben der Dampfmaschine in der Schiffahrt mit den Worten prophezeite: „He believed that the use of Diesel machinery for navigation would become so common, that only for special purposes would the steam engine be able to hold its place.“[177])

Ob durch die Anwendung des Dieselmotors in der Seeschiffahrt der deutschen Volkswirtschaft direkt ein grosser Vorteil erwächst, kann nicht deutlich erkannt werden. In einer Beziehung ist das freilich unbedingt zu bejahen. Die vielen Bauaufträge auf Motorschiffe, die in den letzten Jahren für das Inland und mehr noch für das Ausland auf deutschen Werften ausgeführt wurden, und die wir neben dem guten Ruf unseres Schiffbaues hauptsächlich den hervorragenden und preiswerten Konstruktionen unserer Dieselmaschinenindustrie verdanken, stellen einen grossen Nutzen für unsere Volkswirtschaft dar.

2. Der Dieselmotor als Hilfsmaschine auf See und als Antriebsmaschine in der Küsten- und Binnenschiffahrt.

Während die bis jetzt besprochenen Schiffsdieselmaschinen für grosse Leistungen von etwa 1 000 PS und mehr gebaut werden, handelt es sich bei den folgenden Motoren um kleinere Typen.

(a) Als Hilfsmaschine auf Grosssegelschiffen.

Man hat im Laufe der letzten Jahre allmählich immer mehr Grosssegelschiffe mit Dieselmotoren als Hilfsmaschinen ausgerüstet. Wozu das? Der Vorteil der Segler, die nur zum Transport von solchen Massengütern benutzt werden, bei denen eine längere Reisedauer weniger ausmacht, während die Frachtverbilligung von grosser Bedeutung ist, liegt doch gerade darin, dass sie keinen Brennstoff benötigen. Trotzdem bedeutet der Einbau eines Motors, der nur zu bestimmten Zwecken und für kurze Zeit in Gang gesetzt wird, einen grossen Vorteil und trägt sehr zur Erhöhung iher Wirtschaftlichkeit bei.[178]) Denn schon eine einzige Fahrt mehr im Jahre bringt meist, bei sonst gleichen Kosten, an Fracht soviel ein, dass neben den Betriebskosten des Motors und der Verzinsung und Amortisation seines Anlagekapitals ein Gewinn erzielt werden kann.[179]) Eine schnellere Reisegeschwindigkeit aber und die Möglichkeit, eine bestimmte Reisedauer unge-

---

[177]) „Marine Engineering“, New York, Bd. 30 (1925) Nr. 5, S. 293.

[178]) Eine Rentabilitätsberechnung findet sich in „Hansa, Deutsche Nautische Zeitschrift“. Hamburg, 56. Jahrg. (1919) Nr. 42 a S. 18 bis 21.

[179]) L. Benjamin, Hilfsmotoren für Segelschiffe auf grosser Fahrt, („Hansa“, 56. Jahrg. (1919) Nr. 16) S. 281 ff.

fähr einzuhalten, bringt ausserdem eine Erhöhung der Zahl derjenigen Güter, die mit Seglern versandt werden können, und kann auch zur Erzielung höherer Frachtsätze führen.

Wo kann nun dieser Hilfsmotor mit Vorteil verwendet werden? Zunächst einmal im Gebiet einer Windstille oder bei länger anhaltendem Gegenwind.

Bei gutem Wind ist die Fahrgeschwindigkeit eines grossen Seglers durchaus nicht geringer als die eines normalen Frachtschiffes mit Maschinenantrieb[180]), aber bei widrigem Wind oder Windstille kann er wochenlang in einem Gebiet festgehalten werden, obwohl vielleicht garnicht weit entfernt ein günstiger Wind weht. Hier hilft der Motor solche Gegenden zu verlassen.

Einen weiteren Vorteil bringt er dadurch, dass er es dem Segler ermöglicht, mit eigner Kraft in Häfen und schmale Wasserstrassen einzufahren und so die teuren Schleppgebühren zu ersparen. Motorsegler können also an langen Küsten, an denen sie entlangfahren, viel mehr Häfen anlaufen als die reinen Segelschiffe; sie sind daher nicht „ausschliesslich auf Massengüter und volle Ladung von oder nach einem oder zwei Häfen angewiesen und können infolgedessen auch höhere Frachten erzielen.“[181]) Auch im Fall einer Havarie kann ein Segler mit Hilfsmotor, selbst wenn ihm alle Masten über Bord gegangen sind, immer selbst noch einen Nothafen anlaufen, ohne hohen Bergelohn zahlen zu müssen. Infolgedessen können auch die Versicherungsprämien für solche Schiffe niedriger sein, als die der Segler ohne Motor.[181])

Sehr wichtig ist es auch, dass Motorsegler die beiden grossen Weltkanäle, den Suez- und Panamakanal, benutzen können,ohne dass Kosten für Schlepper entstehen, die so hoch wären, dass die Fahrt unrentabel würde.[182]) Hierdurch kann eine Zeitersparnis bis zu 50 v.H.[181])[183]) gegenüber dem Segler ohne Motor erzielt und ein Vorsprung der Maschinenfrachtschiffe ausgeglichen werden.

Auf kleineren Seglern haben sich die Glühkopfmotoren gut eingeführt, da sie aber im Betrieb bedeutend teurer sind als Dieselmotoren und auch in den für Grosssegelschiffe erforderlichen Grössen nur wenig hergestellt werden, so werden sie von letzteren immer mehr verdrängt. Bei den Grosssegelern hat sich die Dieselmaschine ein neues, nur ihr eigenes Anwendungsgebiet geschaffen und wirkt auch im volkswirtschaftlichen Sinn — durch den schnelleren und sichereren Transport der Massengüter und durch die bessere Ausnutzung der Segler — günstig.[184]) Nur durch den Hilfsmotor

---

[180]) Z.V.D.I. 1923 S. 317.
[181]) Aus den Berichten des Auschusses zur Prüfung des Problems der Motorsegler im Verein deutscher Seeschiffer (Sonderausgabe der „Hansa, Deutsche Nautische Zeitschrift“, Hamburg, 56. Jahrg. (1919) Nr. 42 a) S. 6 f.
[182]) „Z.V.D.I.“ 1919 S. 1133.
[183]) „Z.V.D.I.“ 1920 S. 94.
[184]) „Hansa“ 56. Jahrg. (1919) Nr. 42 a S. 22.

ist der Neubau von wettbewerbsfähigen Seglern in den letzten Jahren überhaupt möglich geworden.[185])

In den Vereinigten Staaten wurden 1918 allein 67 grosse Motorsegler gebaut, die bis zu 3 000 t Tragfähigkeit besitzen. In Europa waren hauptsächlich die nordischen Staaten und Holland die Erbauer solcher Schiffe.[186])

(b) Im Küsten- und Hafenverkehr.

Auf den Fischerbooten an unseren Seeküsten war bisher, soweit sie überhaupt maschinellen Betrieb hatten, der Glühkopfmotor Alleinherrscher. Auch hier bedroht ihn jetzt der kleine kompressorlose Dieselmotor infolge seiner billigeren Betriebskosten. Allerdings bildet vorläufig noch der bedeutend höhere Anschaffungspreis der Dieselmaschine ein Hindernis für seine schnelle Einführung.

Ein weiteres Gebiet für die Anwendung des Dieselmotors in der Kleinschiffahrt bilden die Hafenschlepper und Fährboote. Besonders die letzteren sind für den Dieselantrieb sehr geeignet, da sie zwischen den verhältnismässig kurzen Fahrzeiten meist längere Pausen machen, in denen die Dieselmotoren stillstehen, während in dieser Zeit auf Dampffähren fast ebensoviel Kohlen verbraucht werden wie während der Fahrt, da die Kessel unter vollem Druck gehalten werden müssen.[187]) In Amerika, wo die Zahl solcher Fährboote besonders gross ist, bürgert sich der Diesel-elektrische Antrieb[188]) hierfür sehr gut ein, da die elektrisch angetriebenen Schrauben direkt von der Brücke gesteuert werden können, was für die Manövrierfähigkeit in stark befahrenen Gewässern von grosser Bedeutung ist. Aus dem gleichen Grunde sind kürzlich auch zwei Diesel-elektrische Schleppschiffe für den Panamakanal in Auftrag gegeben worden.[189])

(c) Auf Schleppern und Frachtschiffen im Flussverkehr.

In der Binnenschiffahrt haben sich Schiffe mit Dieselmotoren erst in den letzten Jahren mehr eingeführt. In Russland, in der Nähe der Oelquellen, hatte man zeitig damit angefangen. So verkehrten auf der Wolga, dem Ob und dem Kaspischen Meer schon 1911 24 Dieselschiffe als Schlepper und Tankschiffe, aber auch im Fracht- und Passagierverkehr.[190]) „Im Jahre

---

[185]) „Hansa“ 62. Jahrg. (1925) Nr. 42 S. 1588.

[186]) „Hansa“ 56. Jahrg. (1919) Nr. 13 S. 227.

[187]) Besprechung des ersten Diesel-elektrischen Fährboots mit Seitenradantrieb („Motorship“ New York, 10. Jahrg. (1925) S. 433).

[188]) Hier treibt der Dieselmotor einen Generator an, der den in ihm erzeugten elektrischen Strom in Elektromotoren schickt, die mit der Schraubenwelle des Schiffes gekuppelt sind und je nach Bedarf vorwärts und rückwärts laufen oder angehalten werden können, während der Dieselmotor in einer Richtung ruhig weiter läuft.

[189]) „Z.V.D.I.“ Bd. 71 (1927) Nr. 12 S. 402.

1917 sollen auf der Wolga und ihren Nebenflüssen etwa 100 Stück Diesel- und andere Motorfahrzeuge mit zusammen 40 000 PSe im Verkehr gewesen sein", die Leistungen bis zu 1 200 PSe aufwiesen.[190]) Wie gross bei den billigen Oelpreisen dieser Gegend der Unterschied zwischen den Dieselschiffen und den natürlich hier ölgefeuerten Dampfschiffen ist, zeigt ein Bericht aus dem Jahre 1917, in dem angegeben wird, dass mit einem Dieselschlepper von 200 PS in einem Jahr trotz höherer Unterhaltungs- und Schmierungskosten rund 53 500 ℳ an Betriebskosten gegenüber einem gleich grossen Dampfschlepper gespart wurden.[191])

Aehnlich liegen die Verhältnisse in den Vereinigten Staaten, wo allerdings die Motorflussschifffahrt erst nach dem Kriege begann und hauptsächlich auf dem Hudson und den grossen Seen und ihren Kanälen betrieben wird.[192]) „Motorship" gibt als Vorteile des vom Dampf- in Dieselantrieb umgebauten Schleppers „Goodwin 14" gegenüber dem früheren Betrieb an: Brennstoffkosten 450 bis 500 $ monatlich statt früher 2 800 bis 3 000 $. Fahrt nach New York nur einmal in fünf Wochen zur Uebernahme von Oel, während früher alle zwei Tage zum Bunkern der Kohle dorthin gefahren werden musste, wobei an den Docks noch stets viel Wartezeit verloren ging.[193]) Das sind in die Augen springende Vorteile, die nicht nur privatwirtschaftlich, sondern auch volkswirtschaftlich von grosser Bedeutung sind, da viel Leerlaufarbeit vermieden wird.

Aber auch in Europa, in dem wegen der grösseren Differenz der Kohlen- und Oelpreise die Verhältnisse bedeutend ungünstiger sind, bürgert sich das Motorschiff auf Flüssen und Seen immer mehr ein. In Frankreich wurden z. B. während des Krieges auf der Seine 16 Schraubenschlepper mit Dieselmotoren in Betrieb gesetzt, die Schleppkähne zwischen Le Havre und Paris zu ziehen hatten. Der Gewinn an Brennstoffkosten bei einer Fahrt Rouen-Paris und zurück, soll 3 150 Frs. im Jahre 1922 betragen haben (4 200 Frs. beim Dampfschlepper und 1 050 Frs. beim Dieselschlepper).[192]) Sonst gab es noch Dieselschiffe auf den Seen der Schweiz, in Holland und auf der unteren Donau.

In Deutschland liefen schon 1910 auf dem Rhein die ersten Dieselschlepper.[192]) Aber erst nach dem Kriege vergrösserte sich die Zahl der im deutschen Flussverkehr benutzten Dieselschiffe stärker. Besonders auf dem Rhein und auf der Donau, aber auch auf den anderen Strömen erschienen immer mehr Motorschlepper und -Frachtschiffe. So wurde z. B. ein Eilverkehr mit solchen Schiffen zwischen Hamburg und Berlin eingerichtet. Die hiermit erzielten Resultate waren sehr günstig, da sich bald zeigte, dass die Motorschiffe den Eildampfern an Rentabilität überlegen

---

[190]) „Schiffbau" Bd. 25 (1924) Nr. 25 S. 652.
[191]) „Motorschiff und Motorboot" Berlin, 14. Jahrg. (1917) Nr. 13.
[192]) „Schiffbau" Bd. 25 (1924) Nr. 25, S. 653.
[193]) „Motorship" New York 10. Jahrg. (1925) Nr. 11, S. 827.

waren.[194]) Die Reederei Franz Haniel und Cie. G.m.b.H. in Duisburg-Ruhrort liess 1922 den damals grössten Schraubenschlepper auf dem Rhein „Haniel 28" mit einem Dieselmotor als Antriebsmaschine ausrüsten[195]), der gute Brennstoffersparnisse erzielte.[196])

Beim staatlichen Schleppmonopol auf dem Rhein-Weser-Kanal wurden mit 5 Motorschleppern Vergleichsfahrten mit Dampfschleppern in einjährigem Betrieb gemacht, wobei sich die Betriebskosten der ersteren zu den letzteren nach Angaben von Foss wie 1 : 1,18 bzw. 1,34 verhielten.[197])

Zusammenfassend können wir feststellen, dass sich der Dieselmotor in der Schiffahrt auf allen Gebieten weiter ausbreitet, und dass seine Anwendung, soweit es die Brennstoffpreise zulassen, überall Vorteile bietet.

(b) Der Dieselmotor im Landverkehr.

Auf dem festen Boden beginnt soeben erst die Einführung der Dieselmaschine in das Verkehrsleben. Noch werden überall Versuche mit wechselndem Erfolg angestellt, um die besten Ausführungsformen zu finden, aber auch hier, das kann man heute schon erkennen, wird diese Universalkraftmaschine schnell Fortschritte machen und zumindest in den Weltgegenden, wo sie nicht nur technische Vorteile bietet sondern auch wirtschaftliche, bald die anderen Kraftmaschinen in den Hintergrund drängen.

Man muss bei Betrachtung des Verkehrs zu Lande die an Schienen gebundenen Eisenbahnen und den freien Landstrassenverkehr unterscheiden.

1. Als schienengebundenes Transportmittel.

(a) Die Diesellokomotive.

1) Ihre verschiedenen Ausführungsformen.

Der erste Versuch, Lokomotiven mit Verbrennungskraftmaschinen als Antrieb zu bauen, wurde schon vor der Erfindung Diesels 1891 von Daimler mit dem von ihm entwickelten Explosionsmotor gemacht.[198]) 1912 wurde unter Mitwirkung Diesels, im Auftrage der Preussischen Eisenbahnverwaltung, von der Gesellschaft für Thermolokomotiven die erste Diesellokomotive gebaut, deren Fahrgestell von Borsig in Tegel und deren Motor von Sulzer in Winterthur geliefert wurde. Bei ihr wirkte der Dieselmotor direkt auf die Triebräder.[199]) Nach einigen z. T. ganz gut gelungenen

---

[194]) Das Motorschiff „Augsburg" für den Elbedienst („Werft, Reederei, Hafen", 9. Jahrg. (1928) Heft 17,) S. 351.

[195]) „Z.V.D.I." 1924 S. 456.

[196]) „Schiffbau" 25. Jahrg. (1924) Nr. 26, S. 279.

[197]) „Z.V.D.I." Bd. 71 (1927) Nr. 1, S. 9 ff. Foss, Fünf Motorschlepper des Staatlichen Schleppmonopols.

[198]) G. Lomonosoff, Die Diesel-elektrische Lokomotive, Berlin 1924, S. 9.

[199]) F. Sternenberg, Die ersteThermo-Lokomotive. (Z.V.D.I. 1913, S. 1325).

Versuchen ergab sich, dass der direkte Antrieb im regulären Eisenbahnbetrieb nicht zu brauchen war. Das erklärt sich daraus, dass die Lokomotivachsen gerade dann die grösste Leistung benötigen, wenn die Lokomotive, wie beim Anfahren und auf starken Steigungen, am langsamsten fährt, während beim Dieselmotor, anders als bei der Dampfmaschine, die Leistung mit abnehmender Umdrehungszahl sinkt.[200]) — Die bis jetzt einzige Möglichkeit, einen direkten Antrieb auszuführen, scheint die in England gebaute Still-Lokomotive zu bieten. Es ist dies eine Kombination von Diesel- und Dampflokomotive, bei der die Abgase des Verbrennungsmotors einen Dampfkessel heizen, dessen Dampf gegen die untere Seite des Kolbens der Dieselmaschine wirkt. Die Lokomotive ist aber ziemlich kompliziert und bis jetzt noch nicht genügend erprobt.[201]) — Es war daher nötig, eine Uebertragung zwischen Motor und Triebachse zu schalten. Man hat zu diesem Zweck eine ganze Reihe von Uebertragungsmitteln, wie Zahnräder, Luft, Dampf, Abgase der Maschinen, Druckwasser und verschiedene Kombinationen hiervon versucht.[202]) Bis zur wirklichen Ausführung bzw. Erprobung sind in Deutschland, das auch auf diesem Gebiete führend ist, bis jetzt nur drei Arten gekommen, die Zahnradübertragung, die Uebertragung durch Flüssigkeitsgetriebe und die Uebertragung durch Druckgase. Die hiervon am weitesten fortgeschrittene und, wenn auch meist nur für kleinere Leistungen, im Betrieb befindliche Bauart ist die mit Flüssigkeitsgetriebe nach Patenten von H. Lentz. Diese Lokomotiven wurden bis jetzt, mit einer Ausnahme, nur bis zu einer Motorenleistung von 400 PS ausgeführt und versehen ihren Dienst im Fabrik- und Verschiebedienst oder auf Kleinbahnen. Nach diesem Prinzip werden die Diesellokomotiven einiger deutscher und ausländischer Firmen gebaut, die an verschiedenen Stellen, z. T. schon in mehrjährigem Betrieb, zur Zufriedenheit arbeiten.[203]) Als Vollbahnlokomotiven sind von der Deutschen Reichsbahn sechs Maschinen dieser Bauart bestellt und z. T. auch schon mit gutem Erfolg in Betrieb genommen worden. Drei dieser Diesellokomotiven wurden vom Badenwerk und drei von Linke-Hoffmann erbaut; unter den letzteren befindet sich eine schwere Personenzugsmaschine von über 1 000 PS.[204])

Die zweite bis jetzt fertig entwickelte Art der Diesellokomotive mit mechanischer Uebertragung ist die Zahnradgetriebelokomotive. Sie wird für die kleinen Leistungen des Kleinbahn- und Verschiebedienstes gebaut

---

[200]) „Verkehrstechnik" Berlin Bd. 6 (1925) Nr. 26 a, S. 497.

[201]) E. Kitson, Internal Combustion Locomotives („The Engineer" London, Bd. 143 (1927) Nr. 37) S. 410 ff. und Meinecke, (Z.V.D.I. Bd. 72 (1928) Nr. 21) S. 715 .

[202]) G. Lomonossoff, a. a. O. S. 14.

[203]) W. Schumacher, Rohöllokomotiven mit kompressorlosem Dieselmotor und Flüssigkeitsgetriebe. („Dieselmaschinen II") S. 74.

[204]) „Verkehrstechnik" Bd. 6 (1925) Nr. 26a, S. 499 und G. Lomonossoff, Diesellokomotiven. Berlin 1929, S. 11.

und ist im Betriebe, z. B. auf der Harzquer- und Brockenbahn, erprobt.[205]) Als Vollbahnlokomotive wurde sie nach Angaben des russischen Professors Lomonosoff in den Jahren 1925/26 von der Hohenzollern A.-G. gemeinsam mit der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg mit einer Leistung von 1 200 PS entwickelt[206]), kam im Frühjahr 1926 auf den Prüfstand[207]) und wurde auch auf den Strecken in Deutschland erprobt. „Die Versuchsergebnisse waren so überzeugend, dass die Deutsche Reichsbahn unmittelbar nach Abschluss der Erprobung eine ähnliche Lokomotive in Auftrag gab."[208])

Als dritte Ausführungsform sei noch eine 1 200 PS Versuchslokomotive mit Druckgasübertragung erwähnt, die von der Deutschen Reichsbahn bei der Maschinenfabrik Esslingen bestellt wurde.[209])

Eine besondere Lösung des Kraftübertragungsproblems der Diesellokomotive — man könnte sagen eine Zwischenlösung — bildet die Dieselelektrische Lokomotive. Man versteht darunter eine Lokomotive mit Elektromotorenantrieb, die „ihre eigene stromerzeugende Zentrale in Form einer durch einen Dieselmotor angetriebenen Dynamomaschine mit sich führt."[210]) Diese Maschinen sind seit dem Kriege als Kleinbahnlokomotiven in Betrieb und werden schon über drei Jahre in Europa und Amerika im Vollbahndienst erprobt, wobei sie sich sehr gut bewähren.[210])

Die ersten Maschinen dieser Art wurden für die Schmalspurbahnen hinter der Front von der französischen Firma Crochat während des Krieges mit Erfolg gebaut.[211]) 1922 folgte eine schwedische Firma ebenfalls mit einer Schmalspurlokomotive, die später an Frankreich verkauft wurde und sich im Personenverkehr in Tunis bewährt hat.[211]) Nach französischen Angaben sollen ihre Gesamtunkosten im Betrieb nur etwa halb so hoch sein, wie die der dort befindlichen Dampflokomotiven.[211]) Bei uns war es besonders Professor Lomonossoff, der auf die Entwicklung der Dieselelektrischen Lokomotiven dadurch einwirkte, dass er den Bau einer solchen Maschine von 1 200 PS für die russische Eisenbahn deutschen Firmen übertrug. Die Maschine wurde im Jahre 1925 von Lomonossoff auf den Strecken in der Umgegend von Moskau den schwersten Prüfungen unterzogen und hat nach seinen Angaben gute Resultate erzielt. Sie läuft im Güterzugdienst auf den Strecken um Moskau im fahrplanmässigen Verkehr[212]) und arbeitet nun schon im vierten Jahr ausserordentlich befriedigend.[208])

---

[205]) Nach einem Prospekt der ausführenden Firma.

[206]) „Glasers Annalen" Bd. 99 (1926) Nr. 1179 S. 39 und 42.

[207]) W. Ljubimoff, Dieselgetriebelokomotive mit Magnetkupplungen. (Z.V.D.I. Bd. 70 (1926) Nr 33) S. 476.

[208]) G. Lomonossoff, Diesellokomotiven. S. 10.

[209]) „Wirtschaftsmotor-Nutzmotor" 6. Jahrg. (1924) Nr. 9, S. 1.

[210]) G. Lomonossoff, Der gegenwärtige Stand des Diesellokomotivbaues. („Z.V.D.I." Bd. 71 (1927) Nr. 30) S. 1047.

[211]) G. Lomonossoff, Die Diesel-elektrische Lokomotive, Berlin 1924, S. 12/13.

[212]) „Glasers Annalen" Bd. 99 (1926) Nr. 1179 S. 39.

In Amerika, das bis jetzt von anderen Uebertragungsarten als der elektrischen überhaupt nichts wissen will, sind eine ganze Zahl solcher Diesellokomotiven gebaut worden; sie finden fast ausschliesslich im Verschiebedienst Verwendung, wofür sie sich wegen ihrer leichten Regulierbarkeit, die der der elektrischen Lokomotiven gleichkommt, besonders eignen.[213]) Es handelt sich hier zumeist um kleinere Maschinen bis zu 500 PS, doch wurde auch eine 1 000 PS-Maschine schon 1925 ausgeführt.[214])

Auch in Italien sind mehrere Diesellokomotiven gebaut und erprobt worden, von denen aber nur eine, die von Ansaldo in Genua hergestellt und mit einem Junkersmotor ausgerüstet ist, der Beachtung wert zu sein scheint.[214])

Die grösste bis jetzt ausgeführte Lokomotive mit Dieselmotor ist eine Diesel-elektrische Maschine von 2 660 PS, die auf den Kanadischen Eisenbahnen seit einem Jahr erprobt wird.[215])

Es sind also in den verschiedensten Ländern grössere oder kleinere Diesellokomotiven in Betrieb, die grösstenteils recht befriedigend arbeiten, „es wäre aber falsch, diese Lokomotiven als fertige Betriebseinheiten anzusehen. Zunächst sind sie nur Laboratorien auf Rädern, die zur Durchführung von Versuchen dienen, auf Grund deren die Zukunftsdiesellokomotive entwickelt werden soll.“[214])

(2) Die Vorzüge der Diesellokomotive.

Was sind nun eigentlich die Vorteile, die die Diesellokomotive gegenüber der Dampflokomotive bietet? Zunächst, wie immer bei dem Vergleich der Dieselmaschine mit der Dampfmaschine, ist es die bedeutend bessere Ausnutzung des Brennstoffs. Die modernsten Heissdampflokomotiven haben nur einen Wärmewirkungsgrad von höchstens 10 v.H., die bis jetzt nur in ganz wenigen Exemplaren ausgeführten, sehr komplizierten Dampfturbinenlokomotiven einen solchen von 15 — 16 v.H.[216]) Diese Zahlen werden aber im Betrieb noch nicht einmal erreicht, da der Wirkungsgrad infolge des Feuerungsbedarfes beim Anheizen und während längerer Aufenthalte auf einen Durchschnitt von etwa 6 v.H. sinkt. Diesel-elektrische Lokomotiven dagegen haben eine Wärmeausnutzung bis zu 25 v.H., die Dieselgetriebelokomotiven sogar bis zu 30 v.H., [217]) bei ihnen kommen ausserdem keine grösseren Brennstoffverluste im Betrieb vor, da sie sofort anlaufen und bei längeren Aufenthalten stillgesetzt werden.

---

[213]) G. Lomonosoff, („Z.V.D.I.“ Bd. 71. (1927) Nr. 30, S. 1047.)
[214]) G. Lomonossoff, Diesellokomotiven. S. 12 f.
[215]) Z.V.D.I. Bd. 73 (1929) Nr. 1, S. 34.
[216]) M. Seiliger, Die Hochleistungs-Dieselmotoren. Berlin 1926, S. 212.
[217]) „Glasers Annalen“ Bd. 99 (1926) Nr. 1179.

Ausser dem besseren Wirkungsgrad bietet die Diesellokomotive aber noch andere, sehr wichtige Vorteile. Der Brennstoff kann auch für längere Fahrten auf der Lokomotive selbst untergebracht werden, so dass einmal der Tender fortfällt und ausserdem längere Pausen zur Brennstoffeinnahme nicht nötig sind. Wasser wird nur sehr wenig benötigt, weshalb ein Betrieb in Gegenden, die gar kein oder schlechtes Wasser haben, ohne weiteres möglich ist. Auch das lästige Abschlacken und die nach längerer Betriebszeit bei Dampflokomotiven nötige Ausbesserung oder Auswechselung des Kessels kommt nicht in Frage. Die Bedienung der Maschine ist angenehmer, da der Dieselmotor während des Betriebes fast keine Wartung erfordert. Endlich ist das Fehlen von Rauch und Russ beim Betrieb innerhalb von Städten und die Vermeidung der Funkenfluges, dem schon oft grosse Waldbestände zum Opfer gefallen sind, von Bedeutung.[218])

(3) Die Wirtschaftlichkeit der Diesellokomotive.

Trotz aller dieser Vorteile ist es aber auch hier wieder die Wirtschaftlichkeit, an der augenblicklich noch die weitere Verbreitung der Diesellokomotive, besonders im mittleren und westlichen Europa, scheitert. Zwar steht nach Lomonossoff die Tatsache fest, „dass die Diesellokomotiven für die Arbeitseinheit nur etwa ein Drittel bis ein Fünftel der Brennstoffmenge der Dampflokomotiven verbrauchen,“[219]) aber die Preisdifferenz zwischen Kohle und Oel kompensiert oft den besseren Wirkungsgrad. „Am vorteilhaftesten für Diesellokomotiven ist das Verhältnis des Kohlenpreises zum Oelpreis von 1 : 2. Bei sehr hohen und sehr niedrigen Rohölpreisen sind die Dampflokomotiven vorteilhafter als die Diesellokomotiven, und zwar im ersten Falle bei Kohlenfeuerung, im zweiten Falle bei Oelfeuerung der Dampflokomotiven.“[220])

Sehr hinderlich für die grössere Ausbreitung der Diesellokomotive sind auch die höheren Anschaffungskosten, die sich durch eine erhöhte Verzinsung auch in den Betriebskosten auswirken; liegt doch der Preis einer Dieselelektrischen Lokomotive um etwa 115 v.H., der einer Dieselgetriebelokomotive um etwa 50 v.H. über dem der besten Dampflokomotive.[221])

Was die wirtschaftlichen Unterschiede der einzelnen Uebertragungsarten anbetrifft, ist es bei der verhältnismässig kurzen Dauer der Versuche und den ausserordentlich verschiedenen Bedingungen, unter denen sie vorgenommen wurden, schwer, sich jetzt schon ein Bild davon zu machen. Nur über eine Vergleichsfahrt mit zwei der in Russland arbeitenden Lokomo-

---

[218]) J. Geiger, Dieselmotor und Kraftübertragung für Grossöllokomotiven. („Dieselmaschinen II“) S. 52.

[219]) G. Lomonossoff, Diesellokomotiven. S. 275.

[220]) G. Lomonossoff, Diesellokomotiven. S. 301.

[221]) G. Lomonossoff, („Z.V.D.I.“ Bd. 71 (1927) Nr. 30) S. 1047.

tiven, Nr. 001 (Dieselelektrolokomotive) und Nr. 005 (Dieselgetriebelokomotive mit Zahnradübertragung) im Juli 1927 auf der gleichen Strecke und unter gleichen Bedingungen zwischen Moskau und dem Kaukasus liegt ein Ergebnis vor, nach dem die Getriebemaschine eine Brennstoffersparnis von 10 v.H. gegenüber der Diesel-elektrischen aufzuweisen hatte.[222])

(4) Die Anwendungsgebiete der Diesellokomotive.

Die Diesellokomotive kann heute nur dort eine grössere Verbreitung finden, wo günstige Bedingungen für sie vorhanden sind. Es sind dies besonders kohlenarme und ölreiche Gegenden, in denen für die Heranführung der Kohlen grosse Transportkosten entstehen, und Länder, in denen das Wasser so knapp ist, dass Dampflokomotiven ausser dem Tender noch besondere Wasserwagen mitführen müssen.[223]) Hauptsächlich kommen daher Russland, die Vereinigten Staaten, Teile Südamerikas und die afrikanischen Kolonien für Dieselbetrieb in Frage. Besonders günstig liegen die Verhältnisse im südlichen Russland, wo die Dampflokomotiven mit Masut, dem Rückstand der Petroleumraffinierung, gefeuert werden, denn hier kann sich die bessere Ausnutzung des Brennstoffs in den Diesellokomotiven auch finanziell auswirken[224]), so dass trotz der höheren Kapitalkosten immer noch eine Verbilligung des Betriebes erreicht wird.

In den Vereinigten Staaten wo bis jetzt Diesellokomotiven nur auf kleinen Nebenstrecken und im Verschiebedienst benutzt werden, — die New Yorker Stadtbahn hatte schon zu Beginn des Jahres 1928 14 Diesel-elektrische Lokomotiven von 300 PS und 5 von 600 PS im Betrieb[225]) und die grossen amerikanischen Stahlwerke wollen ihr sehr ausgedehntes Netz von werkeigenen Bahnen mit Diesellokomotiven betreiben[226]) — glaubt man sie auch im allgemeinen Verkehr auf langen Strecken verwenden zu können, so dass sie sich mit den Dampflokomotiven, die für kürzere Strecken günstiger wären, und mit dem elektrischen Betrieb in der Umgegend der Städte gut ergänzen würden.[227])

Frankreich macht Versuche, die darauf hinzielen, die Diesellokomotive mit dem in seinen Kolonien gewonnenen Pflanzenöl zu betreiben, um sie in den wasserlosen Gebieten Afrikas verwenden zu können, ohne Erdöl importieren zu müssen.[228])

---

[222]) G. Lomonossoff, Diesellokomotiven. S. 298.

[223]) H. Brown, Ueber Diesel-elektrische Lokomotiven im Vollbahnbetrieb. Zürich 1924, S. 72.

[224]) H. Nordmann, Brennkraftmaschinen zum Antrieb von Eisenbahnfahrzeugen (Jahrbuch der Brennkrafttechnischen Gesellschaft E. V., Bd. 5 1924) S. 28.

[225]) Meinecke (Z.V.D.I. Bd. 72 (1928) Nr. 21) S. 715 und „Railway Age" Bd. 82 (1928) S. 784.

[226]) „The Iron Age" Bd. 122 (1928) S. 895 f.

[227]) „Railway Age." New York Bd. 80 (1926) Nr. 15, S. 810.

[228]) „La Technique Moderne" 16. Jahrg. (1924) Nr. 13, S. 467.

Was für die deutsche Wirtschaft der Diesellokomotivbetrieb bedeuten würde, wenn er sich einmal unter Benutzung eines aus der Kohle gewonnenen Oeles rentabel gestalten liesse, kann man verstehen, wenn man bedenkt, dass die Kohlengebiete an den Grenzen des Reiches liegen, und die Lokomotivkohle daher in besonderen Zügen ins Innere gebracht werden muss. Nun ersetzt aber nach amerikanischen Versuchen 1 Waggon Oel für Dieselbetrieb 12 Waggons Lokomotivkohle[229]), woraus sich die Ersparnis an Transportmitteln, Transportkosten, Verladespesen, Brennstoff usw. ergibt, denn „wir fahren jährlich 15 Millionen Tonnen Kohle für Eisenbahnzwecke spazieren, verausgaben für Fracht und Nebenarbeiten Hunderte von Millionen und nutzen dann nur 6 v.H. des ganzen Heizwertes aus.“[230])

(b) Der Triebwagen mit Dieselmotor.

Noch auf eine andere Art dient der Dieselmotor dem Eisenbahnbetriebe. Auf vielen kleinen Nebenbahnen verkehren täglich einige Züge, die aus einer Lokomotive und mehreren Wagen bestehen, und befördern dabei meist nur wenige Personen. Hier hat sich in letzter Zeit der Triebwagen gut eingebürgert, ein Wagen, der meist allein fährt und Motorenraum, Führerstand und Personenabteile enthält. Der Betrieb eines solchen Wagens ist natürlich rentabler als der eines ganzen Zuges. Bisher wurden diese Triebwagen im allgemeinen von Explosionsmotoren angetrieben, die mehr und teureren Betriebsstoff brauchen als die Dieselmotoren. Schon im Jahre 1914 wurden daher von der Firma Brown, Boveri & Co. gemeinsam mit der Gebr. Sulzer A.-G., Ludwigshafen, und der Waggonfabrik A.-G., Rastatt die ersten Diesel-elektrischen Triebwagen gebaut und an die sächsische Eisenbahnverwaltung verkauft.[231]) Nach dem Kriege wurden sie auf verschiedenen Nebenbahnen Deutschlands in Betrieb genommen. In Amerika sind gute Erfahrungen mit ihnen auf den Nebenbahnen der „Canadian National Railways“ gemacht worden[232]) „Die Cincinnati-Nordbahn bedient seit September 1925 den Personenverkehr auf der 390 km langen Strecke Cincinnati-Ohio-Jackson mit geringen Ausnahmen nur mit Diesel-elektrischen Triebwagen. Bisher waren acht Dampflokomotiven für den Personenverkehr vorhanden, während nunmehr nur vier Triebwagenzüge den Verkehr bewältigen. Die Betriebsergebnisse sind sehr günstig; die Kosten für den Zugkilometer sind bei der neuen Verkehrsbedienung um rund 35 v.H. niedriger als beim Dampfverkehr.“[233])

---

[229]) „Railway Age“ New York Bd. 79 (1925) Nr. 5 S. 232.

[230]) P. Rieppel, Aussichten und Aufgaben des Oelmaschinenbaues. („Z.V.D.I.“ Jahrg. 1920) S. 1052.

[231]) Ballerstedt, („Der Oelmotor“. Berlin-Wien-London, Bd. 4 (1915), Nr. 3, S. 93 und 101.)

[232]) „Railway Age“ New York Bd. 80 (1926) S. 811.

[233]) Z.V.D.I. Bd. 73 (1929) Nr. 8, S. 270.

Der Anschaffungspreis der Dieselmotortriebwagen mit elektrischer Uebersetzung ist aber höher als der von Triebwagen mit Explosionsmotorenantrieb. Man hat daher auch schon Dieseltriebwagen mit Uebersetzungsgetriebe gebaut, deren Preis fast der gleiche wie der der Triebwagen mit Explosionsmotor ist. Da dann auch die Kosten für Bedienung und Instandhaltung gleich sind, kommt die Ersparnis an Menge und Preis des Brennstoffs beim Dieselmotor in den Betriebskosten der Triebwagen voll zum Ausdruck.[234])

2. Der Dieselmotor im Strassenverkehr.

Aus denselben Gründen wird eines Tages, der vielleicht garnicht so fern liegt, auch ein grosser Teil der Explosionsmotoren verschwinden, die heute in den auf den Strassen verkehrenden Fuhrwerken eingebaut sind.

(a) Kraftwagen.

Die Schwierigkeiten, die die für Kraftwagen nötigen hohen Umdrehungszahlen den Dieselmotorkonstrukteuren bereiteten, scheinen überwunden zu sein, und mit der Heraufsetzung der Drehzahl ist auch das Gewicht der Motoren so gesunken, dass sie für Lastkraftwagen geeignet sind. An dem zu hohen Gewicht und der Notwendigkeit, Motoren mit Kompressor zu verwenden, sind Anfang des Jahrhunderts die Versuche von Diesel und anderen, ein Dieselautomobil zu bauen[235]), gescheitert.

Als erste Firma hat die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, unser grösstes und ältestes Dieselmotorenwerk, einen solchen Motor herausgebracht. Nach ihren Angaben[236]) haben die Kraftwagen, die mit diesen Motoren liefen, Ersparnisse an Brennstoffgewicht von 25 bis 27 v.H. ergeben. Dazu kam der bedeutend niedrigere Preis der Betriebsstoffe, wodurch sich eine Brennstoffkostenersparnis von fast 80 v.H. gegenüber anderen, mit Explosionsmotoren ausgerüsteten, gleich starken Wagen gezeigt haben soll.[237]) Dieser Satz von etwa ein Viertel der Brennstoffkosten wird auch von anderer Seite bestätigt.[238])

Der höhere Anschaffungspreis des Dieselmotors gegenüber dem Explosionsmotor spielt beim Kraftwagen im Verhältnis zum gesamten Wagenpreise keine so grosse Rolle, da der Motor noch keine 25 v.H. des ganzen Wagens kostet.[239]) Hier, wie überall da, wo der Dieselmotor dem Explo-

---

[234]) W. Riehm, Dieselmotoren mit Strahlzerstäubung („Dieselmotoren II") S. 68.

[235]) A. Reinsch, Das erste Dieselauto (Diss. Te. H. Berlin 1923) S. 3.

[236]) Prospekt der Firma.

[237]) Vgl. A. Nägel, Der Dieselmotor als Kraftfahrzeugmaschine. („Z.V.D.I." Bd. 70 (1926) Nr. 44) S. 1433 ff.

[238]) Z.V.D.I. Bd. 72 (1928) Nr. 10, S. 339.

[239]) Reinsch, a. a. O. S. 42.

sionsmotor als Konkurrent gegenübertritt, ist auch in Deutschland der Dieselmotorenbetrieb billiger; kostet doch Benzin etwa 30 Pf., Benzol etwa 45 Pf. pro Liter gegenüber nur 12 Pf. für Dieselmotorentreiböl.

Ausser der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg haben sich auch andere bekannte deutsche Motorenfirmen, wie die Daimler-Benz A.-G., der Maybach-Motorenbau, die Robert Bosch A.-G. und besonders der Junkers-Motorenbau mit dem Problem des Dieselautomobils befasst und gute Erfolge erzielt.[240]) So laufen z. B. im städtischen Omnibusbetrieb der Stadt Freiberg/Sa. schon verschiedene Wagen längere Zeit so zufriedenstellend mit Motoren der Firmen Augsburg-Nürnberg und Junkers, dass schon mehrere Nachbestellungen erfolgten.[241]) Von der Konstruktion von Dieselmotoren für Personenkraftwagen, an die andere Anforderungen gestellt werden, hat man bis jetzt noch nichts gehört.

(b) Schlepper.

Auch die heute schon viel verwendeten Zugmaschinen, die als Strassenlokomotiven zur Fortbewegung schwerer Lastwagen (Möbelwagen, Wagen zum Transport von Kabeltrommeln usw.) und ganzer Lastwagenzüge dienen, werden vielfach durch Dieselmotoren betrieben. Eine besondere Ausführungsform hiervon bilden die schon oben erwähnten Motorpflüge.

Ueberblickt man das motorisch betriebene Verkehrswesen zu Lande, so kann man zusammenfassend feststellen, dass bei den Eisenbahnfahrzeugen das Vordringen des Dieselmotors wieder dort schnell vor sich gehen wird, wo die Preisverhältnisse von Kohle zu Oel günstig für das letztere liegen. In Deutschland, wo das nicht der Fall ist, wird, solange sich an den Oelpreisen nichts ändert, wohl noch längere Zeit die unwirtschaftliche Dampflokomotive den Platz behaupten oder höchstens der in diesem Sinne nur etwas besseren elektrischen Lokomotive weichen. Im schienenlosen Lastverkehr dagegen wird der kompressorlose Dieselmotor wohl bald alle Konkurrenten verdrängen.

c) Im Luftverkehr.

Von besonderer Bedeutung wird der Ersatz der Explosionsmotoren durch Dieselmotoren für den Luftverkehr sein, bei dem ein durch die leichte Entzündbarkeit des Benzins ausbrechendes Feuer nicht nur zu einer Betriebsstörung, wie im allgemeinen im Land- und Wasserverkehr, sondern fast stets zu einer völligen Vernichtung von Fahrzeug, Personen und Ladung führen muss. Es ist daher besonders zu begrüssen, dass es dem Junkers-Motoren-

---

[240]) Nägel („Z.V.D.I." Jahrg. 1926, Nr. 44) S. 1439 und A. Reinsch, Schnellauf bei Dieselmotoren. („Dieselmaschinen IV" V.D.I.-Verlag, Berlin 1929) S. 63 ff.

[241]) Wawrziniok, Motorkraftstoffe für den deutschen Kraftfahrzeugbetrieb. (Z.V.D.I. Bd. 72 (1928) Nr. 44) S. 1579.

bau nach jahrelanger Arbeit gelungen ist, einen hierfür geeigneten Motor betriebsfertig herzustellen. Die ersten Flüge wurden zu Beginn des Jahres 1929 ausgeführt. Auch die Packard Co. in USA hat unter Mitarbeit eines deutschen Flugzeugbauers Erfolge auf diesem Gebiete aufzuweisen.[242])

Nicht nur für die Betriebssicherheit, sondern auch für die sehr notwendige Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Flugzeugs und Luftschiffs wird der Betriebskosten sparende Dieselmotor eine Hilfe sein.

C. Die Brennstoffe der Dieselmaschine.

Obgleich in den vorangegangenen Abschnitten schon öfters auf die Verwendungsfähigkeit einzelner Oelarten für die Verbrennung in Dieselmotoren hingewiesen wurde, soll hier noch einmal kurz eine Uebersicht über die verschiedenen Kraftöle und ihre Anwendungsgebiete gegeben werden. Wir können uns hierbei kurz fassen, da über dieses Gebiet eine sehr umfangreiche Literatur besteht.[243]) Nur auf die in Deutschland herrschenden Verhältnisse soll etwas mehr eingegangen werden.[244])

I. Allgemeines über die Dieseltreibstoffe.

Zum Betrieb von Dieselmaschinen können bis jetzt[245]) nur flüssige Brennstoffe verwendet werden. Es kommen hierfür nur solche Oele in Betracht, die „möglichst restlos verbrennen, nicht zu dickflüssig sind und keine schädlichen Bestandteile (Säuren, Schwefel, freien Kohlenstoff) aufweisen.“[246]) Wir wollen, wie üblich, drei Gruppen von Treibölen unterscheiden, und zwar die Erdöle, die heute noch zum grössten Teil den Bedarf der Dieselmaschinen in der Welt decken, die aus der Kohle gewonnenen Treibstoffe, die hauptsächlich in Deutschland zur Verwendung kommen, und die Oele pflanzlicher und tierischer Herkunft, über deren Brauchbarkeit für Verbrennungsmaschinen noch Versuche unternommen werden.

a) Die Erdöldestillate.

„Das Erdöl, Rohöl oder Rohnaphta ist ein Gemisch verschiedener Kohlenwasserstoffe und wird fast in allen Teilen der Erde gefunden.“[247]) Von seinen Destillaten werden diejenigen, die zwischen 180° C und 275° C bei der Fraktionierung des rohen Erdöls, also nach den Benzinen und dem

---

[242]) Hoff (Z.V.D.I. Bd. 73 (1929) Nr. 25) S. 877.

[243]) Vgl. Literaturübersicht.

[244]) Nähere Einzelheiten hierüber gibt die Arbeit von A. Staepken, Kraftölwirtschaft in Deutschland. (Diss. Berlin 1927.)

[245]) In letzter Zeit sind verschiedentlich wieder die Versuche aufgenommen worden, die Diesel einst missglückten, Kohlenstaub, also feste Stoffe, in Dieselmotoren zu verbrennen.

[246]) H. Jentzsch, Flüssige Brennstoffe. Berlin 1926, S. 21.

[247]) H. Jentzsch a. a. O. S. 5.

Petroleum, übergehen, als Dieseltreibstoffe verwendet. Sie tragen bei uns die Bezeichnung Gasöl[248]) und bilden je nach der Fundstätte etwa 50 bis 90 v.H. des rohen Erdöls.[249]) In Russland, wo aus dem Rohöl nur die leichtflüchtigen Benzine und das Leuchtöl (Petroleum) ausgeschieden werden, wird der etwa 50 v.H. betragende Rest[250]) — als Masut bezeichnet —, da er ja zum grössten Teil aus Gasöl besteht, ebenfalls als Dieseltreibstoff verwendet.

b) Die Dieseltreibstoffe aus Kohle, Torf und Schiefer.

Ausser dem Erdöl, das bei weitem den grössten Anteil[251]) an den zum Antrieb der Dieselmotoren benutzten Brennstoffen hat, werden bis jetzt fast nur noch Produkte der Stein- und Braunkohlendestillation zu diesem Zweck verwendet.

1. Die Dieselöle aus der Braunkohle.

Aus dem bei der Verarbeitung der Braunkohle entstehenden Braunkohlenteer werden Paraffinöl, Gasöl, Solaröl und Kreosotöl gewonnen. Von diesen sind das Gasöl, etwa 25 bis 30 v.H., und das Solaröl, etwa 2 bis 5 v.H. der Teermenge, für den Dieselmotorenbetrieb gut geeignet[252]) und in ihrer Reinheit und ihrem Heizwert den Erdöldestillaten gleichwertig. Auch das Paraffinöl, das man wegen seines Paraffingehaltes weniger zum alleinigen Betrieb von Dieselmaschinen benutzt, wird als Zündöl in geringer Menge gern anderen, schwerentzündlichen Betriebsstoffen zugesetzt. Endlich sei noch der Braunkohlengeneratorteer erwähnt, der in letzter Zeit mit gutem Ergebnis bei einem 15prozentigen Zusatz von Treiböl in Dieselmaschinen verwendet wurde, wobei sich deren Betrieb nur halb so teuer stellte wie bei Verwendung von Gasöl; hierbei ist der Teer mit 4 Pf. pro kg, das Treiböl mit 12,4 Pf. pro kg zugrunde gelegt.[253])

2. Die Treibstoffe aus der Steinkohle.

Aus der Steinkohle gewinnt man auf verschiedene Weise Teer und Teeröle, einmal als Nebenprodukt bei der Verkokung und Vergasung der Kohle, dann als Hauptprodukt bei der Tieftemperaturverkokung und endlich werden in neuester Zeit Teeröle direkt durch Anlagerung von Wasserstoff an Kohle im sogenannten Kohleverflüssigungsverfahren gewonnen.

---

[248]) Staepken a. a. O. S. 4.

[249]) W. Schenker, Brennstoffe und Schmieröle für Dieselmotoren. Winterthur (Schweiz) 1919, S. 46.

[250]) G. de Grahl, Wirtschaftliche Verwertung der Brennstoffe. München und Berlin 1921, S. 47.

[251]) Angaben sind nicht zu finden, doch kann man ihn wohl auf über 95 v.H. schätzen.

[252]) K. Krüger und G. R. Poschardt, Die Erdölwirtschaft der Welt. Stuttgart 1926, S. 52.

[253]) W. Jaratzky, Dieselmotor für Generatorteer. („Z. V. D. I." Bd. 70 (1926) Nr. 28) S. 958.

Der Steinkohlenteer, der dickflüssig ist, kann, wenn er bis auf 60° C erwärmt und gut gereinigt wird, mit einem etwa 6 prozentigen Zusatz von Zündöl in Dieselmaschinen verwendet werden, wie der mehrjährige Betrieb verschiedener deutscher Dieselmotoren während des Krieges bewiesen hat.[254])

Bei der Steinkohlenteerdestillation erhält man durch Erhitzung auf 170° C das Leichtöl, bis 230° C das Mittelöl, bis 270° C das Schweröl und auf 320° C das Anthracenöl. Die unter der Bezeichung Teeröl zusammengefassten Oele gewinnt man aus den Mittel-, Schwer- und Anthracenölen, die etwa ein Drittel des Teergewichts ausmachen.[255]) Diese sind für den Dieselmotorenbetrieb bei einem kleinen Zusatz von Zündöl (etwa 2 v. H.) geeignet, wenngleich sie den Destillaten des Erdöls und der Braunkohle nicht gleichwertig sind.

Ob die im Kohleverflüssigungsverfahren nach Bergius oder anderen hergestellten Teeröle für den Dieselbetrieb passen, was allerdings wahrscheinlich ist, konnte bis jetzt noch nicht erprobt werden, da diese Verfahren noch im Versuchsstadium sind und vorläufig wohl auch noch zu teuer arbeiten.

3. Die Oele aus Torf und Schiefer.

Die Verschwelung von Torf wird ebenso wie die von Holz heute so wenig ausgeübt, dass die dabei entfallenden Oele praktisch nicht in Frage kommen.

Bei der Verschwelung oder Vergasung des Oelschiefers werden unter anderem auch Solaröl und Paraffinöl gewonnen, die sich für den Dieselmotorenbetrieb gut eignen[256]), soweit sie nicht, wie gerade beim deutschen Oelschiefer, wegen ihrer Beimengungen an Schwefel weniger empfehlenswert sind.[257])

c) Die Oele tierischer und pflanzlicher Herkunft.

Theoretisch könnten auch die Oele tierischer Herkunft für den Dieselmaschinenbetrieb verwendet werden, doch sind die zur Verfügung stehenden Mengen so gering und ist ihr Preis so hoch, da die Seifen- und Speisefettindustrie sie als Rohmaterial an sich zieht, dass sie praktisch nicht in Frage kommen.[258])

Anders ist es bei den Oelen, die aus Pflanzen gewonnen werden. Von den verschiedenen pflanzlichen Produkten, die für die Kraftölwirtschaft brauchbar wären, seien hier nur die Palmkerne der Oelpalmen und die Kopra, das Fleisch der Kokosnüsse, genannt. Beides sind Tropengewächse,

---

[254]) „Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung“ 61. Jahrg. (1918) Nr. 42, S. 493 ff. und 62. Jahrg. (1919) Nr. 3, S. 37.

[255]) G. de Grahl a. a. O. S. 49.

[256]) A. Maier, Die flüssigen Brennstoffe (Heiz- und Treiböle) in Technik und Wirtschaft (Diss. Berlin 1924) S. 16.

[257]) R. Reichle („Zeitschrift d. Bayer. Revisionsvereins“, 27. Jahrg. (1923) Nr. 18) S. 144.

[258]) Staepken a. a. O. S. 15.

die bis jetzt nur in ganz vereinzelten Fällen als Motortreibstoffe verwendet wurden und zum grössten Teil zur Speisefett- und Speiseöl-Fabrikation dienen. Aber die in Frankreich gemachten Versuche, Dieselmotoren mit Palmöl zu betreiben, die einen guten Erfolg hatten, berechtigen zu der Hoffnung, dass wenigstens der Kraftölbedarf der Kolonialländer, die in den Tropen und den subtropischen Zonen liegen und keine Erdölversorgung besitzen, in nicht zu ferner Zeit aus diesen Landesprodukten gedeckt werden wird. Da der Anbau dieser Palmen fast unbegrenzt vermehrt werden kann, ist eine übermässige Preissteigerung oder ein Mangel an Rohmaterial nach einiger Zeit planmässigen Anbaues nicht zu befürchten.[259])

II. Der Einfluss des Dieselmotors auf die Weltölwirtschaft und umgekehrt.

Durch den Dieselmotor ist eine völlige Verschiebung in den Anwendungsmöglichkeiten und in der Bewertung des Erdöls eingetreten. Er hat auf die Oelindustrie einen umwälzenden Einfluss ausgeübt, dessen Bedeutung viel grösser ist als der jeder anderen Verwendungsart dieses Oels. Früher war das wesentlichste Produkt des Erdöls das Leuchtpetroleum, während das Rohöl in seinem Urzustande überhaupt keine nennenswerte Verwendung fand. Die Mittelöle waren Abfallprodukte, die man nur selten verwandte.

Heute hat das Erdöl für die Kraftversorgung der Welt dieselbe Bedeutung gewonnen wie die Kohle; „der Dieselmotor hat die Hilfsmittel der Menschheit auf dem Gebiete der Kraftversorgung verdoppelt und ungeheure, bisher für diesen Zweck brachliegende Naturschätze der motorischen Verwendung mit höchster Oekonomie zugeführt."[260]) Diese schon um 1914, also zu einer Zeit, in der die Dieselmaschine noch am Anfang ihrer Einführung stand, geschriebenen Worte zeigen am besten, wie hoch der Einfluss des Dieselmotors auf die Entwicklung der Weltölwirtschaft von den besten Kennern dieser Materie geschätzt wurde. Wenn auch seitdem durch die riesenhafte Ausbreitung des Kraftwagens und durch die immer mehr zunehmende Verwendung des Heizöls in der Dampfschiffahrt — der Anteil ist von 2,6 v.H. im Jahre 1914 auf 27,4 v.H. im Jahre 1925 gestiegen[261]) — der prozentuale Anteil des Dieselmotorenbetriebes an dem Kraftölverbrauch stark zurückgegangen ist, so ist sein absoluter Bedarf nicht zu unterschätzen. Wie hoch er eigentlich ist, kann nicht festgestellt werden, da die Gesamtleistung der im Betrieb befindlichen Dieselmaschinen mangels ausreichender statistischer Unterlagen — nur in den Vereinigten Staaten und in Deutschland ist in der neuesten Zeit die Aufstellung solcher Statistiken begonnen worden, und

---

[259]) „La Technique Moderne", Paris, 16. Jahrg. (1924) Nr. 13, S. 467 und „Chaleur et Industrie", Paris, Bd. 7 (1926) Nr. 72, S. 187 ff.

[260]) C. Engler und H. v. Höfer, Das Erdöl usw., Bd. 4, Leipzig 1916, S. 480.

[261]) „Wirtschaft und Statistik" 1925, Heft 15.

über die Motorschiffahrt gibt sie „Lloyds Register" — heute auch nicht annähernd richtig angegeben werden kann.

Den Jahresverbrauch an Kraftölen in der Seeschiffahrt berechnete Commentz im Jahre 1925 zu 25 Mill. Tonnen Heizöl für ölgefeuerte Schiffe, 1,2 Mill. Tonnen Treiböl für Motorschiffe[262]); seitdem ist er weiter gestiegen. Das sind 1925 rund 18 v.H. der damaligen gesamten Erdölförderung der Welt, die 147 Millionen Tonnen betrug.[263])

Wichtig für die Ausbreitung der Dieselmaschine ist die Frage der Erschöpfung der Erdölvorräte, über die die Meinungen sehr auseinandergehen, und die Möglichkeit, sie durch andere Oele, besonders die Teeröle, in weitgehendstem Masse zu ersetzen.[264]) Auf jeden Fall werden die jetzt noch infolge der Preispolitik der grossen Oeltrusts schwankenden Erdölpreise im Laufe der nächsten Jahrzehnte langsam steigen, da sich die Schwierigkeiten der Förderung und die Kosten der Verarbeitung dauernd erhöhen.[265]) Wenn bis dahin nicht die Teerölproduktion derart gesteigert ist, dass sie zumindest einen Teil des Kraftölbedarfes zu geringeren Preisen decken kann, was an sich ohne weiteres möglich ist[266]), wird sich die Konkurrenzfähigkeit der Dieselmaschinen den mit Kohle gefeuerten Dampfmaschinen gegenüber, auch da wo sie heute vorhanden ist, mindern.

III. Die Deckung des Teerölbedarfes der deutschen Dieselmaschinen.

Da zur Zeit in Deutschland die Preise für die aus Braun- und Steinkohle[267]) gewonnenen Teeröle gleich hoch oder — bei Umrechnung auf den gleichen Heizwert — nur wenig niedriger sind als die der importierten Erdölprodukte (Braunkohlenteeröl 14,25 — 15,25 RM für 100 kg ab Werk, Steinkohlenteeröl 10 — 11 RM[268]) für 100 kg ab Werk, Gasöl aus Erdöl 15,20 RM für 100 kg verzollt ab Hafen)[269]), kommt auf Grund der geringeren Qualität der Teeröle heute auch bei uns fast nur das Gasöl als Dieselmaschinentreibstoff zur Verwendung. Das ist eine Tatsache, mit der man rechnen muss, wenn sie auch volkswirtschaftlich zu bedauern ist, da sie unsere Handelsbilanz unnötig belastet.

---

[262]) C. Commentz. Die Treibölfrage und die Zukunft der Motorschiffahrt („Hansa" 1925 Nr. 42) S. 1618.

[263]) Statist. Jahrbuch für das deutsche Reich 1926.

[264]) Vgl. hierzu die Ausführungen von A. Faber, G. de Grahl, P. Reichenheim, W. Schenker und anderen.

[265]) A. Faber, Die neueste Entwicklung der Welterdölwirtschaft und die Mineralöllage Deutschlands. Halle (Saale) 1926, S. 5.

[266]) Schenker a. a. O. S. 50/51.

[267]) Ueber die Gründe hierzu siehe oben.

[268]) Die Preise für Teeröle aus Braunkohle und Steinkohle sind zwar in der letzten Zeit nicht unerheblich gefallen, aber noch nicht genug, um einen Anreiz für eine ausgedehntere Verwendung in Dieselmotoren zu bieten; wie die Preistendenz sich weiter entwicken wird, lässt sich nicht voraussehen.

[269]) Preistafeln der „V.D.I.-Nachrichten" vom 30. 10. und 13. 11 1929.

Wie die eingeführten Mengen von Jahr zu Jahr steigen, was bei dem Gasöl wohl nicht zuletzt auf die wachsende Verwendung von Dieselmaschinen zurückzuführen ist, zeigt Tabelle 21.

Tabelle 21.
Einfuhr von Erdöl nach Deutschland.[270])

Jahr	239 b		239 d		239 e		239 f u. g	
	t	1000 M bzw. RM	t	1000 M bzw. RM	t	1000 M bzw. RM	t	1000 M bzw. RM
1912	2 406	161	56 118	3 592	795 011	62 944	209 228	43 779
1913	971	65	48 009	3 073	745 466	59 041	167 741	35 056
1922	30 602	—	54 325	—	192 681	—	159 649	—
1923	12 549	—	72 735	—	77 251	—	106 609	—
1924	52 631	5 299	86 505	6 289	97 998	10 306	161 364	36 260
1925	52 554	6 055	138 805	11 736	146 255	15 134	305 693	70 615
1926	50 327	5 801	181 584	14 535	160 918	18 061	429 322	96 206
1927	40 142	3 988	264 337	20 352	165 631	18 569	590 163	110 971
1928	52 672	4 217	309 952	20 809	130 639	13 331	676 561	99 228

Man sieht, dass die Einfuhr der Kraftöle (239 b, 239 d, 239 f und g) seit 1913 stark gestiegen ist, während die des Leuchtöls (239 e), infolge der Ausbreitung von Gas und Elektrizität zur Beleuchtung in der Kriegs- und Nachkriegszeit, noch bedeutend stärker abgenommen hat. Die Steigerung der Gasöleinfuhr 1928 gegenüber 1913 betrug 545 v.H., die der Benzine dagegen nur 224 v.H. der Menge nach; allerdings ist die Benzineinfuhr (239 f und g) auch heute noch um 85 v.H. dem Gewicht, und um rund 300 v.H. dem Preis nach höher als die Einfuhr von Roh- und Gasöl zusammen (239 b und d).

Die deutsche Erdölproduktion, die nach dem Verlust der elsässischen

[270]) Die Zahlen entstammen dem jeweiligen Dezemberheft der „Monatlichen Nachweise über den auswärtigen Handel Deutschlands", nur die Zahlen für 1912 sind dem Dezemberheft 1913 entnommen, da sie im Dezemberheft 1912 offensichtlich falsch waren und im Dezemberheft 1913 anders wiedergegeben wurden. Die einzelnen Nummern, die dem deutschen Zolltarif, Abschnitt 2 D, entstammen, bezeichnen:

239 b Erdöl, roh; Berg- (Erd-) Teer, natürlicher, flüssiger
239 d Gasöl (ausser Leuchtöl (239 e)
239 e Erdöl, gereinigt (Leuchtöl)
239 f Rohbenzin
239 g Benzin, Gasolin, Ligroin, Petroleumäther und sonst a. n. g. leichte, gereinigte Mineralöle
(239 c Schwerbenzin; Putzöl; Patentterpentinöl; ist nicht in der Tabelle aufgeführt, da diese Stoffe kaum als Betriebsstoff für Kraftmaschinen in Frage kommen.)

Die für Dieselmaschinen benutzten Oele finden sich in 239 d und können aus 239 b gewonnen werden. Die Positionen 239 e bis g sind in der Tabelle zum Vergleich aufgeführt, um den Bedarf an Leuchtöl und Benzin (hauptsächlich für Explosionsmotoren) im Verhältnis zum Treiböl zu zeigen.

Oelfundstellen durch den Friedensvertrag hauptsächlich auf den Oelquellen in Hannover basiert, betrug 1924 nur 59 300 t. Sie bildete nur einen kleinen Bruchteil des fast eine Million Tonnen betragenden deutschen Oelbedarfs, von dem 280 000 Tonnen auf das Treiböl entfielen.[271])

Betrachten wir noch kurz die Braun- und Steinkohlenteeröle, die bei günstigeren Preisen heute den allergrössten Teil des Dieselölbedarfs decken würden, jetzt aber nur einen geringen Anteil daran haben, so sehen wir, dass an sich ausreichende Mengen hergestellt werden könnten. Die deutsche Steinkohlenteeröl-Produktion beträgt jährlich etwa 300—350 000 t, von denen im Notfall 150—180 000 t für Dieselmotorenbetrieb geeigneter Schweröle zu diesem Zweck freigemacht werden könnten.[272]) In Wirklichkeit werden jedoch höchstens 50 000 t jährlich als Treiböl verwendet, also etwa 17 v.H. des auf rund 300 000 t geschätzten Treibölbedarfs.

An Braunkohlenteer-Treibölen stehen nach Fabers Angaben etwa 72 000 t jährlich zur Verfügung[273]), ob diese auch bei den heutigen hohen Preisen tatsächlich zum Motorenbetrieb verwendet werden, ist nicht festzustellen.

Die Versuche, flüssigen Stein- und Braunkohlenteer mehr als bisher zum Dieselmotorenantrieb heranzuziehen, sind, trotzdem sich diese in mehrjährigem Betrieb verschiedentlich gut bewährt haben[274]), bis jetzt erfolglos geblieben, da befürchtet wird, dass der Teer die Maschinen angreift.

D. Die Dieselmaschine und das Standortsproblem.

Die Dampfmaschinen, die um so wirtschaftlicher arbeiten in je grösseren Einheiten sie verwendet werden, haben in den letzten Jahrzehnten in allen Industrieländern ein Zusammenziehen der Fabriken an einzelnen Punkten bewirkt. Dabei entfernten sich jedoch diese Industrien, vom Drang nach der billigen Kraft getrieben, oft in ganz unwirtschaftlicher Weise von ihrer Rohstoffbasis. Auch die Fernversorgung durch Elektrizität hat dieser schädlichen Konzentration nicht genügend Einhalt gebieten können, da lange Stromzuführungswege, infolge der auftretenden Leitungsverluste, den Strompreis hochschrauben.

Dem kann nun die Dieselmaschine entgegenwirken. Wie oben erwähnt, ist der Brennstoffverbrauch kleiner Dieselmotoren nur unwesentlich höher als der grosser Maschinen. Es können daher in kleineren Orten liegende Kleinzentralen die von der Industrie benötigte Kraft ebenso billig abgeben, wie grosse Werke. Damit entfällt aber, wenigstens in den Ländern, in denen, wie in einem Teil der Vereinigten Staaten, die Dieselmaschine der Dampfmaschine gegenüber konkurrenzfähig ist, die Notwendigkeit, die Werke fern vom Rohstoff aufzustellen. Abgesehen von dem Fortfallen der Rohstofftransporte bedeutet das aber auch insofern eine Verbilligung der Pro-

---

[271]) Faber a. a. O. S. 68.
[272]) Faber a. a. O. S. 70 f.
[273]) Faber a. a. O. S. 75.
[274]) Im Elektrizitätswerk Meiningen z. B. wurden während des Krieges die Dieselmaschinen jahrelang mit Steinkohlenteer betrieben. (Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1919, S. 37.)

duktion, als an kleineren Orten die Lebenshaltungskosten geringer zu sein pflegen als in grossen Städten, so dass auch niedrigere Löhne bezahlt werden können.[275]) Man hat daher den Dieselmotor als die Maschine der Dezentralisation bezeichnet.

Aber nicht nur in der Industrie, sondern auch in der elektrischen Grosskraftversorgung tritt durch die Dieselmaschine eine Dezentralisation von volkswirtschaftlicher Bedeutung ein, und hier scheint diese Maschine trotz ihrer höheren Betriebskosten auch für Deutschland einen grösseren Wert zu gewinnen.

Bisher wurden nämlich bei Dampf- oder Wasserkraftwerken grösseren Umfanges stets eine oder mehrere Reservemaschinen vorgesehen, die im Kraftwerk selbst standen. Bei Defekten, die an einer der stromerzeugenden Maschinen auftraten, konnten sie auch bald einspringen und die schadhafte Maschine ersetzen, so dass ein längeres Aussetzen der Stromlieferung an die Verbraucher vermieden wurde.

Anders war es aber bei grösseren Beschädigungen der Leitungen oder der Transformatoren, da konnten diese Reservemaschinen auch nicht helfen und die Stromverbraucher waren, soweit sie nicht eigene Reservemaschinen hatten, öfters gezwungen, ihren Betrieb stillzusetzen, kostbare Stunden und Tage zu verlieren und einen Produktionsausfall zu erleiden, der zugleich für die Arbeiter einen Lohnausfall und damit eine Minderung ihrer Kaufkraft bedeutete.

Dem beginnt man nun durch kleinere Dieselstationen, die fern von der eigentlichen Zentrale, in der Nähe der Stromverbrauchsstätten aufgestellt werden, abzuhelfen.[276]) Durch solche Reservezentralen wird die Sicherheit, eine konstante Stromlieferung aufrechtzuerhalten, beträchtlich vergrössert.[277])

E. Wieviel Dieselmaschinen sind im Betrieb und welche Gesamtleistung stellen sie dar?

I. Allgemeines über die vorhandenen Angaben.

Es wäre nun von Interesse festzustellen, wie gross die Anzahl der in den einzelnen Ländern und damit auch in der ganzen Welt aufgestellten oder im Betrieb befindlichen Dieselmaschinen ist, und wie hoch sich ihre Leistung stellt. Das ist aber bis jetzt völlig unmöglich, da, wie schon oben erwähnt, mit zwei Ausnahmen nirgends statistisches Material darüber vorliegt. Die beiden Ausnahmen sind Deutschland, wo bei der letzten Betriebszählung im Jahre 1925 auch ziemlich ins Einzelne gehende Feststellungen der benutzten Kraftmaschinen und ihrer Leistung gemacht wurden, und die Ver-

---

[275]) „Mechanical Engineering“ New York Bd. 47 (1925) Nr. 4, S. 255 ff.

[276]) Nach Z. V. D. I. 1927, Nr. 23, S. 837, haben die Märkischen Elektrizitätswerke, die ihre Hauptzentralen in Finkenheerd und Hegermühle betreiben, zwei M.A.N.-Grossdieselmotoren von je 12 000 PSe bestellt, die im Umspannwerk Hennigsdorf bei Berlin als Reserve- und Spitzenmaschinen aufgestellt werden sollen.

[277]) „The Engineer“ London Bd. 140 (1925), S. 148.

einigten Staaten, in denen in den Jahren 1921 und 1926 von der Zeitschrift „Power“ eine genaue Zusammenstellung der Dieselmaschinenverwendung dieses Landes vorgenommen wurde. Während es sich also in Deutschland um eine amtliche Zählung handelt, die auf Grund von Fragebogen das Material zusammenstellt, und deren Genauigkeit einen ziemlich hohen Grad erreichen dürfte, ist es in Amerika eine private Statistik, die wohl hauptsächlich auf den Angaben der Dieselmaschinen erzeugenden Industrie beruht („an extensive examination of the number of Diesel engines that had been manufactured in this country since 1898“).[278])

Ohne diese amerikanische Statistik, deren Aufstellung an sich schon sehr begrüssenswert ist und andere Länder zur Nacheiferung anregen sollte, herabsetzen zu wollen, kann man über die Genauigkeit der hier gemachten Angaben, gerade wegen der Herkunft des Materials, Zweifel hegen.

II. Die Leistung der deutschen Dieselmotoren.

Da das endgültige Ergebnis der deutschen Kraftmaschinenstatistik von 1925, infolge des Fehlens der preussischen Angaben, noch nicht vorliegt[279]), wollen wir in der folgenden Tabelle 22 die uns hier interessierenden Zahlen der Kraftmaschinen in Baden, Bayern, Sachsen und Württemberg wiedergeben. Es handelt sich dabei hauptsächlich um die Rubrik „Schwerölmotoren“ der Aufstellung über die Verbrennungskraftmaschinen, in der freilich nicht nur die Dieselmaschinen sondern auch die Glühkopfmotoren und ähnliche Halbdieselmotoren enthalten sind. Da letztere aber vielleicht der Zahl, sicherlich nicht der Leistung nach eine grössere Rolle spielen, bieten die Daten ein ungefähres Bild des Dieselmaschinenbetriebes dieser Länder.

---

[278]) L. H. Morrison, The Diesel engines position in American Industrie (Sonderdruck der Zeitschrift „Power“ New York vom 11. 1.1927) S. 3.

[279]) Die Endergebnisse sind erst nach Beendigung der Vorarbeiten für die Drucklegung dieser Arbeit erschienen und konnten daher in deren Rahmen nicht mehr berücksichtigt werden; sie weichen nicht unbeträchtlich von den vorgenommenen Schätzungen ab. So beträgt die Gesamtleistung aller Primärmaschinen in Preussen 15,282 Millionen PS, von denen nur 304 592 PS, also rund 2 v.H. Schwerölmotoren sind („Statistisches Jahrbuch für den Freistaat Preussen“, Bd. 25 (1929) S. 166/167). Da bei dem grossen Anteil Preussens am deutschen Gesamtergebnis dieser Prozentsatz, der weit unter dem in Tabelle 22 errechneten Durchschnittsprozentsatz der vier nächstgrössten deutschen Länder liegt, auf die Endzahlen stark drückt, musste das mit einem grösseren Prozentsatz errechnete Ergebnis bedeutend zu hoch werden. In Wirklichkeit beträgt der Anteil der Schwerölmotoren im ganzen Reich nur etwa 3,2 v.H. Obgleich die gesamte Primärkraftmaschinenleistung in Deutschland rund 22,487 Millionen PS, also um mehr als 3,6 Millionen PS höher als angenommen, ist, waren, bei der Zählung 1925 nur 702 510 PS — davon 51 885 PS in der Landwirtschaft — an Schwerölmotoren vorhanden („Wirtschaft und Statistik“ 9. Jahrg. (1929) Nr. 10, S. 398 ff. und „Statistik des Deutschen Reichs“ Bd. 410, S. 24). Bei Annahme eines Anteils von 80 v.H. an Dieselmaschinen waren also nur etwa 560 000 PS oder, bei Hinzurechnung der 130 000 PS Schiffsdieselmotoren, im ganzen rund 690 000 PS statt der geschätzten 910 000 PS in Deutschland im Betrieb. Heute wird ihre Zahl infolge der vielen Schiffsneubauten der letzten Jahre erheblich grösser sein.

Tabelle 22.

Zahl und Leistung der in Baden, Bayern, Sachsen und Württemberg im Jahre 1925 vorhandenen Schwerölmotoren.[280])

Erwerbsgruppen	Betriebe		Maschinen		Gesamte Nennleistung		Durchschnittsleistung in PS	
	Zahl	v.H. aller Betriebe mit Primärkraftmasch.	Zahl	v.H. aller Primärkraftmasch.	PS	v.H. gesamt. Primärkraftmaschinenleistung	bei den Schwerölmotor.	bei allen Primärkraftmasch.
B a d e n								
Landwirtschaft	63	2,7	64	2,5	719	13,0	11	2
Gewerbe einschl. Handel u. Verkehr	422	10,4	492	8,0	19 834	5,7	41	57
Private Energieversorgung zus.	485	7,6	556	6,4	20 553	5,9	37	40
Oeffentliche Elektrizitätsversorg.	29	30,2	36	10,9	6 657	2,3	185	372
Insgesamt	514	6,6	592	6,6	27 210	4,3	46	71
B a y e r n								
Landwirtschaft	1 102	4,9	1 122	4,8	6 737	7,5	6	4
Gewerbe einschl. Handel u. Verkehr	1 549	9,1	1 721	7,1	62 905	4,9	37	53
Private Energieversorgung zus.	2 651	6,7	2 843	5,9	69 642	5,1	25	29
Oeffentliche Elektrizitätsversorg.	201	29,0	251	19,0	28 880	4,1	115	535
Insgesamt	2 852	7,1	3 094	6,3	98 522	4,7	32	42
S a c h s e n								
Landwirtschaft	105	7,8	109	7,0	1 733	13,7	16	8
Gewerbe einschl. Handel u. Verkehr	811	9,5	935	7,1	52 972	4,7	57	86
Private Energieversorgung zus.	916	9,3	1 044	7,1	54 705	4,8	52	77
Oeffentliche Elektrizitätsversorg.	20	18,1	29	9,8	12 818	2,9	443	1520
Insgesamt	936	9,3	1 073	7,2	67 523	4,3	63	106
W ü r t t e m b e r g								
Landwirtschaft	160	6,0	160	5,7	1 012	9,8	6	4
Gewerbe einschl. Handel u. Verkehr	843	14,8	950	11,7	44 926	12,1	47	46
Private Energieversorgung zus.	1 003	12,0	1 110	10,2	45 938	12,0	41	35
Oeffentliche Elektrizitätsversorg.	62	35,6	85	17,9	16 437	6,4	194	542
Insgesamt	1 065	12,4	1 195	10,5	62 375	9,7	52	56
In d. 4 Ländern zus.	5 367	8,2	5 954	7,1	255630	**5,2**	43	59

Es ist von Interesse festzustellen, dass die durchschnittliche Leistung der Schwerölmotoren in der Landwirtschaft aller vier Länder über der sämtlicher Primärkraftmaschinen[281]) liegt, was auf die grosse Verwendung von Wind- und Wasserrädern und von Explosionsmotoren kleiner Leistung zurückzuführen sein dürfte. Im Gegensatz dazu ist bis auf Württemberg die Durchschnittsleistung der Schwerölmotoren in Gewerbe, Handel und Verkehr kleiner als die aller Primärmotoren, da hier meist Dampfmaschinen verwendet werden.

Der Durchschnitt der Primärmotorenleistung in den öffentlichen Kraftwerken im allgemeinen liegt selbstverständlich bedeutend höher als der der Schwerölmotoren, da hier die grossen Dampfturbineneinheiten vorwiegen.

Setzt man die Motorenleistung der vier Länder in Beziehung zur Einwohnerzahl, so ergeben sich die in Tabelle 23 wiedergegebenen Verhältnisse.

Tabelle 23.

Schwerölmotorenleistung der Länder Baden, Bayern, Sachsen und Württemberg im Verhältnis zur Bevölkerungszahl.

	Baden PS	Bayern PS	Sachsen PS	Württemberg PS	alle vier Länder zus. PS
Schwerölmotorenleistung auf 100 Einwohner	1,18	1,32	1,35	2,44	1,48
Primärkraftmachinenleistung insgesamt auf 100 Einwohner	27,6	28,2	31,8	24,8	28,5

Die Gesamtleistung sämtlicher deutscher Primärkraftmaschinen beträgt schätzungsweise rund 18,9 Mill. PS.[282]) Legt man nun das oben

[280]) Nach „Wirtschaft und Statistik", 7. Jahrg. (1927) Nr. 7 S. 313 ff. und Nr. 8 S. 355 ff.

[281]) Die Kraftmaschinen, die selbst Kraft erzeugen, nennt man Primärkraftmaschinen im Gegensatz zu den Elektromotoren, die die Kraft von den Primärmaschinen aufnehmen und in anderer Form wieder abgeben; diese heissen Sekundärkraftmaschinen.

[282]) Da die effektive Zahl noch nicht veröffentlicht war, wurde sie folgendermassen geschätzt: Die Leistung sämtlicher im deutschen Gewerbe einschliesslich Handel und Verkehr aufgestellten Primärkraftmaschinen, die zum Antrieb von Arbeitsmaschinen verwendet wurden, beträgt (nach „Wirtschaft und Statistik", 7. Jahrg. (1927) Nr. 4 S. 167) 6 415 731 PS. Zählt man dazu die Leistung der Antriebsmaschinen für die Stromerzeugung, die (nach „Wirtschaft und Statistik", 7. Jahrg. (1927) Nr. 13 S. 578) rund 8 853 000 kW = 12 000 000 PS beträgt, so erhalten wir eine Gesamtleistung von rund 18 416 000 PS. Hier fehlt aber noch die Landwirtschaft, die, nach dem Durchschnitt der Länder Baden, Bayern, Sachsen und Württemberg, eine Leistung von rund 2,5 v.H. der sonst installierten Primärkraftmaschinenleistung aufweist. Es wären also für die Landwirtschaft einzusetzen rund 460 000 PS, so dass sich die gesamte Leistung der Primärkraftmaschinen auf rund 18 876 000 PS stellt.

errechnete Durchschnittsverhältnis der Schwerölmotorenleistung zur gesamten Primärkraftmaschinenleistung in den vier Ländern von 5,2 : 100 zu Grunde, so kommt man zu einer Schwerölmotorenleistung von rund 980 000 PS für das Deutsche Reich. Wir wollen uns aber darüber klar sein, dass dies nur eine ungefähre Schätzung darstellt, da in Preussen, dessen Zahlen noch nicht vorliegen, bei seinem sehr grossen Anteil von etwa 57 v.H.[283]) der Gesamtmotorenleistung Deutschlands und der Verschiedenheit seiner Gebietsteile das Verhältnis der Motorenarten zu einander anders sein kann, als in den vier oben genannten Ländern.

Nimmt man nun an, dass die Dieselmotorenleistung etwa 80 v. H. der Leistung aller Schwerölmotoren ausmacht,[284]) so kämen wir zu einer Gesamtleistung sämtlicher deutscher Dieselmotoren von rund 780 000 PS. Diese Zahl versteht sich nur für feststehende Motoren. Dazu kommen noch etwa 130 000 PS für die Schiffahrt,[285]) so dass die Gesamtleistung sämtlicher in Deutschland aufgestellter Dieselmotoren etwa 910 000 PS am 1. Januar 1926[286]) betrug. Von diesen entfallen etwa 220 000 PS auf Antriebmaschinen für die Stromerzeugung[287]), so dass, nach Abzug der 130 000 PS der Schiffahrt, rund 560 000 PS zum direkten Antrieb von Arbeitsmaschinen in der Landwirtschaft und im Gewerbe verwendet werden. Frh. v. Schmidt schätzte die Leistung der deutschen Dieselmotoren im Jahre 1912 auf rund $^3/_4$ Mill. PS[288]), eine Zahl, die nach obigem viel zu hoch gegriffen war.

III. Die Leistung der amerikanischen Dieselmotoren.

Nicht viel grösser als die oben angegebene Leistung der deutschen Dieselmotoren ist die der amerikanischen. Sie betrug Ende 1926 nach Morrison rund 1 156 000 HP („at present a total of 1 155 775 HP of such engines manufactured by American builders is in operation"[289]). Er kommt zu dieser Zahl, indem er von der Gesamtleistung der von 1898 bis Ende 1926 in Amerika gebauten Dieselmaschinen nur 20 000 HP als nicht mehr vorhanden annimmt, was ein gutes Licht auf die Lebensdauer dieser Motoren wirft.

[283]) Vgl. „Wirtschaft und Statistik" 7. Jahrg. (1927) Nr. 4 S. 167 und Nr. 13 S. 578.

[284]) Nach Schätzungen Sachverständiger.

[285]) Gesamtleistung der seegehenden deutschen Motorschiffe am 1. 1. 1926 123 047 PS (Stat. Jahrbuch f. d. Deutsche Reich 1927, S. 142), dazu schätzungsweise rund 7 000 PS für Küsten- und Binnenschiffahrt.

[286]) Die Leistung der feststehenden Dieselmotoren, die vom 16. 6. 1925 (dem Tag der Kraftmaschinenzählung) bis zum 1. 1. 1926 dazukam, liegt innerhalb der Fehlergrenze obiger Schätzung.

[287]) Nach „Wirtschaft und Statistik" (7. Jahrg. (1927) Nr. 13, S. 578) dienen zur Stromerzeugung Oelmotoren mit einer Gesamtleistung von 199 000 kW. Umgerechnet ergibt das rund 270 000 PS. Nach Abzug von 20 v.H. für die Halbdieselmotoren, wie früher, bleiben also für die Dieselmotoren rund 220 000 PS.

[288]) Engler-Höfer a. a. O. Bd. 4. S. 466.

[289]) Morrison a. a. O. S. 3.

Von diesen rund 1,156 Mill. HP entfallen rund 304 000 HP gleich 25,9 v.H. auf Schiffsmotoren, 20 v.H. auf die Erdölleitungen, 17,8 v.H. auf Kraftwerke, 7,4 v.H. auf die Grossindustrie; bei 7,8 v.H. ist die Anwendung unbekannt, der Rest verteilt sich auf Gefrieranlagen, Wasserwerke, Kanalisation, Bergwerke, Eisenbahnen, Industrie usw.

Betrachtet man die einzelnen Staaten der Union, so ergibt sich, dass die Staaten in denen die Oelquellen liegen und durch die Oelleitungen geführt sind, sowie ihre Nachbarstaaten die grösste Dieselmotorenleistung aufweisen, was selbstverständlich erscheint. Es sind dies die südwestlichen Zentralstaaten Texas, Oklahoma, Missouri, Louisiana und Arkansas. Im Gegensatz dazu stehen die Staaten der Ost- und Westküste, die, mit Ausnahme von Florida, nur kleinere Leistungen an Dieselmotoren besitzen.[290])

IV. Die Dieselmaschinenleistung der Erde.

Da, wie schon gesagt, weiteres Material aus anderen Ländern nicht vorliegt, ist es schwer auch nur eine rohe Schätzung der Dieselmaschinenleistung der ganzen Erde abzugeben. Frh. v. Schmidt schätzte sie für 1912 auf 1,75 Mill. PS.[291]) Schenker setzte sie für 1919 mit 2 Mill. PS ein.[292]) Auf Grund der oben angegebenen Zahlen für Deutschland und die Vereinigten Staaten, ferner der im nächsten Abschnitt aufgeführten Produktionsdaten und unter Berücksichtigung der grossen Zahl der in den letzten Jahren gebauten Motorschiffe, könnte man heute vielleicht eine Welt-Dieselmaschinenleistung von etwa 5 Mill. PS für wahrscheinlich halten. Das passt auch zu den Angaben von Woytinsky, der für 1921 die Gesamtleistung sämtlicher feststehender Motoren der Welt mit 105 Mill. PS angibt, von denen neben den Dampfmaschinen und Wassermotoren etwa 7,5 Mill. PS Motoren anderer Art gewesen sein sollen.[293]) Da hiervon der grössere Teil auf Gasmaschinen, Explosionsmotoren und Halbdieselmotoren usw. entfällt, kann man die Leistung der Dieselmotoren damals mit etwa 2,5 Mill. PS einsetzen.

F. Die Dieselmaschinen-Industrie.

I. Die grössten Dieselmaschinen-Firmen der Welt.

„Da der Dieselmotor eine Qualitätsmaschine ist, welche vorzügliche konstruktive Durchbildung und erstklassige Werkstattausführung erfordert, so können im wesentlichen nur allererste Maschinenfabriken dessen Bau gut und

---

[290]) Morrison a. a. O. S. 6.

[291]) Engler-Höfer a. a. O. Bd. 4. S. 466.

[292]) Schenker a. a. O. S. 51.

[293]) Wl. Woytinsky, Die Welt in Zahlen. 4. Buch, Das Gewerbe, Berlin 1926. S. 91.

rationell durchführen. Deshalb finden sich unter den ausführenden Dieselmotorenfirmen so ziemlich alle ersten und berühmtesten Werke aller Länder.“ Frh. v. Schmidt schätzte die Zahl der Dieselmaschinen bauenden Firmen in der ganzen Welt damals (1914) auf etwa 100. Einige der bekanntesten, die er nennt,[294]) sollen hier aufgeführt werden:

Deutschland:	Benz u. Co., Mannheim; Blohm u. Voss, Hamburg; Gasmotorenfabrik Deutz, Köln-Deutz; Gebr. Körting, Hannover; Friedr. Krupp A.-G. Germaniawerft, Kiel-Garden; Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg;
Belgien:	Carels Frères, Gent; Soc. An. John Cockerill, Seraing;
England:	W. G. Armstrong, Withworth & Co., Ltd., Elswick; Vickers Ltd. Barrow-in-Furness;
Frankreich:	Schneider & Cie., Le Creuzot;
Italien:	Fiat, Turin; Franco Tosi, Legnano;
Niederlande:	Werkspoor, Amsterdam;
Russland:	Kolmnaer Maschinenfabrik; Ludwig Nobel, St. Petersburg;
Schweiz:	Gebrüder Sulzer, Winterthur;
Schweden:	Aktiebolaget Diesels Motorer, Stockholm;
Dänemark:	Aktieselskabet Burmeister & Wains, Kopenhagen;
U. S. A.:	Busch-Sulzer Bros.-Diesel Engine Co., St. Louis, Mo.

Zu diesen seien noch von den schon vor 1914 bauenden Firmen genannt:

Oesterreich[295]):	Grazer Waggon- und Maschinenfabrik A.-G., Graz, und Leobsdorfer Maschinenfabrik A.-G., Leobsdorf bei Wien.

Nach dem Kriege haben, besonders in Deutschland, aber auch in den anderen Ländern, eine ganze Reihe weiterer bekannter Firmen den Bau von kompressorlosen Dieselmotoren aufgenommen, von den noch folgende deutsche Firmen erwähnt seien: A. E. G., Berlin; Deutsche Werke, Kiel; Waggon- und Maschinenbau A.-G., Görlitz; Linke-Hofman-Lauchhammer A.-G., Breslau.

II. Der Umfang des Dieselmotorenbaus.

Da über den Umfang und damit auch über den Wert der Dieselmotoren-Erzeugung in den einzelnen Ländern und Werken ausser Morrisons Zusammenstellung für Amerika und ausser einigen Lieferlisten deutscher und ausländischer Firmen keine Unterlagen zu bekommen waren, sei nur kurz folgendes angeführt:

Wie der Bau der kompressorlosen Dieselmaschinen angewachsen ist, und wie er den Bau der Maschinen mit Kompressor überholt hat, zeigt die oben erwähnte amerikanische Statistik[296]), nach der Tabelle 24 aufgestellt ist.

---

[294]) Frh. v. Schmidt, Der Dieselmotor (Engler-Höfer a. a. O. Bd. 4 S. 465.).
[295]) „Z. V. D. I.“ Bd. 70 (1926) Nr. 33. S. 1103 u. 1105.
[296]) Morrison a. a. O. S. 5.

Tabelle 24.

Bau von Dieselmaschinen in U. S. A.

	1921	1922	1923	1924	1925	1926	zus.
Dieselmotoren mit Kompressor in 1 000 HP	42	60	78	94	150	139	563
Kompressorlose Dieselmotoren in 1 000 HP	19	28	53	107	188	173	568
Zusammen in 1 000 HP	61	88	131	201	338	312	1 131

Obgleich, wie gesagt, in den anderen Ländern Material darüber nicht vorliegt, wird man nicht fehlgehen, wenn man annimmt, dass sich überall die Verhältnisse ähnlich entwickelt haben werden, wenn vielleicht auch hier nicht eine so starke Steigerung der jährlich hergestellten Dieselmaschinen festzustellen sein wird.

Ueber den Umfang der Produktion einzelner bekannter Firmen sei noch folgendes angegeben.[297])

Nach den Konstruktionen der Firma Gebr. Sulzer wurden bis zum 15. 4. 1927, 4 322 Dieselmotoren mit einer Gesamtleistung von rund 2 Mill. PSe gebaut.[298]) Wieviel hiervon auf die Stammfirma mit ihren beiden Häusern in Winterthur (Schweiz) und in Ludwigshafen a/Rh. entfällt, ist nicht ersichtlich, da in dieser Zahl die Produktion ihres amerikanischen Hauses (Busch-Sulzer, St. Louis) und sämtlicher Lizenznehmer der Firma Sulzer mit enthalten ist. 53 v.H. der Erzeugung waren Schiffsdieselmotoren, wie überhaupt dieses Haus, dank der Neutralität der Schweiz im Weltkriege, nächst Burmeister & Wain, Kopenhagen, die zweitgrösste Schiffsdieselmotorenfirma der Welt geworden ist.

Die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, das älteste und grösste Dieselmotorenwerk Deutschlands, hatte mit ihren Lizenznehmern zusammen bis zum 1. 7. 1926 4 400 Dieselmaschinen mit einer Gesamtleistung von etwa 1,4 Mill. PSe gebaut oder in Auftrag. Von diesen entfielen 841 000 PSe = 60 v.H. auf Schiffsmotoren. In den Geschäftsjahren 1924/25 und 1925/26 allein betrug die bestellte Gesamtleistung über 117 000 PSe, die einen Verkaufswert von 20,5 Mill. RM darstellte. Hierzu kamen noch in diesen beiden Jahren Zusatz- und Ergänzungslieferungen für diese oder früher gelieferte Motoren, so dass diese Firma allein in zwei Jahren Dieselmotoren und dazugehörige Teile im Werte von 31,8 Mill. RM herzustellen hatte.

---

[297]) Sämtliche Angaben stammen aus Lieferlisten oder persönlichen Angaben der betreffenden Firmen.

Die volkswirtschaftliche Bedeutung dieser Summe fällt in die Augen, wenn man bedenkt, dass die Dieselmotoren zum allergrössten Teile aus inländischen Rohstoffen und Halbfabrikaten (Eisen und Stahl) bestehen, und dass bei der qualifizierten Arbeit, die ihre Herstellung erfordert, sicherlich über 25 v.H. des Verkaufspreises auf Löhne und Gehälter entfallen.[298])

Von den 20,5 Mill. RM, die die M.A.N. für die Motoren allein erzielte, kamen 11,4 Mill. RM = rund 55,8 v.H. unserer Handelsbilanz zugute, da dieser Anteil der Bestellungen aus dem Auslande kam.

Die Motorenfabrik Deutz hatte bis Mai 1926 2 780 kompressorlose Dieselmotoren mit insgesamt 186 000 PSe geliefert.

Die entsprechenden Zahlen betrugen bei den Linke-Hofman-Lauchhammer Werken bis Mitte 1926 223 Stück mit zusammen 27 261 PSe und bei der Waggon- und Maschinenfabrik A.-G., Görlitz, bis Ende 1925 283 Stück mit zusammen 59 235 PSe, von denen bei den ersteren 68 v.H., bei der letzteren 62 v.H. der Leistung Auslandslieferungen waren.

Nimmt man einen Preis von 200.– RM pro PSe als Durchschnitt an,[300]) — das dürfte eher zu niedrig als zu hoch sein – so ergibt sich für die Gesamtproduktion dieser vier vorgenannten deutschen Dieselmotorenfirmen von rund 1 673 000 PSe ein Verkaufswert von etwa 335 Mill. RM. Hierbei ist der Wert der Ersatzteillieferungen usw. nicht einbegriffen.

III. Die Arten der Dieselmaschinen bauenden Werke und ihr Standort.

In Deutschland kann man hauptsächlich drei Arten von Werken feststellen, die den Dieselmotorenbau betreiben. Zunächst die Dampfmaschinenfabriken, die zuerst damit anfingen, wohl um die nun einmal vorhandene Konkurrenz für ihre Maschinen wenigstens selbst herzustellen und den Ausfall im Dampfmaschinenbau durch die Dieselmaschinenherstellung auszugleichen.

Nach diesen nahmen die grossen Seeschiffswerften den Bau auf (z. B. Blohm & Voss, Hamburg, und Friedr. Krupp Germaniawerft, Kiel) um die Antriebsmaschinen für die bei ihnen im Bau befindlichen Schiffe selbst herstellen zu können und von fremden Lieferanten unabhängig zu sein.

Als dritte kamen, hauptsächlich erst nach der Einführung der kompressorlosen Motoren, also nach dem Kriege, (Benz und Deutz sind Ausnahmen) die Hersteller von Explosionsmotoren und neu gegründete Firmen hinzu.

Abgesehen von den Werften, bei denen der Standort durch ihr Hauptprodukt bestimmt ist, macht sich bei der Standortswahl der Dieselmaschinenfabriken eine „Arbeitsorientierung" bemerkbar, d. h. eine Ansiedelung

[298]) Die Firma gibt 2 530 000 PSi, die unter Annahme eines mechanischen Wirkungsgrades von 0,8 in obige PSe-Zahl umgerechnet wurden.

[299]) Vgl. Fr. Kruspi, Gegenwart und Zukunft der deutschen Maschinenindustrie. Berlin 1926. S. 12.

[300]) Aus obigen Zahlen der M.A.N. Bestellungen 1924/1926 errechnet.

in industriereichen Gebieten, in denen hochqualifizierte Arbeiter, die eine unbedingte Voraussetzung dieser Fabrikation sind, zur Verfügung stehen. Daneben kommt in zweiter Linie wohl auch eine „Konsumorientierung" in Frage, die aber wegen des hohen Tonnenpreises des Fertigproduktes von rund 1 000. – RM weniger Bedeutung hat, da hier die Transportkosten nicht von Wichtigkeit sind.[301])

G. Der Dieselmaschinen-Aussenhandel.

I. Im Ausland.

Da in den Ausfuhrstatistiken des Auslandes die Kraftmaschinen nicht unterteilt sind, lässt sich eine Angabe über die Menge oder den Wert der Dieselmaschinen-Ausfuhr hier nicht machen. Eine Ausnahme macht nur England, wo die „Verbrennungsmotoren" gesondert erscheinen. Es ist anzunehmen, dass hierin neben den Dieselmaschinen auch Halbdieselmaschinen, Explosionsmotoren und Gasmaschinen enthalten sind. In Tabelle 25 geben wir darüber einige Zahlen an.

Tabelle 25.

Ausfuhr englischer Verbrennungsmotoren im Verhältnis zur gesamten englischen Maschinenausfuhr.[302])

Jahr	Gesamte Maschinenausfuhr Englands		Ausfuhr von Verbrennungsmotoren			
	t [303])	1000 £	t [303])	1000 £	v.H. der Gesamtmaschinenausfuhr Menge	Preis
1922	366 155	50 625,7	15 053	1 673,0	4,1	3,0
1923	399 136	42 538,7	25 209	2 319,3	6,3	5,4
1924	408 106	39 926,2	31 201	2 909,9	7,6	7,3

Die Ausfuhr von Verbrennungsmaschinen in England hat, wie sich aus den Zahlen ergibt, nicht nur absolut, sondern auch relativ zur Gesamtmaschinenausfuhr ständig zugenommen. Die sinkenden Preise, die besonders gut aus den Zahlen der gesamten Maschinenausfuhr zu erkennen sind, erklären sich aus dem Steigen des Pfundkurses in jener Zeit. Von Bedeutung sind die Daten der Verbrennungsmotoren bei einem Vergleich mit den in den folgenden Tabellen angegebenen deutschen Zahlen; die Differenz ist jedoch nicht so gross, wie es scheint, da wahrscheinlich hier auch die Verbrennungsmotoren für den Antrieb von Fahrzeugen mit enthalten sind, die in der deutschen Statistik gesondert aufgeführt werden.

In den Vereinigten Staaten betrug der Export nur 6,1 v.H. der gesamten von 1898 bis 1926 erzeugten Dieselmotorenleistung.[304])

---

[301]) K. P. Berthold, Untersuchungen über den Standort der Maschinenindustrie in Deutschland. (Diss. Jena 1914) S. 53 ff.

[302]) Nach Woytinsky a. a. O. S. 238.

[303]) Die englische Tonne ist etwas grösser als die deutsche (1 t=1 016kg).

[304]) Morrison a. a. O. S. 5.

II. In Deutschland.

Die Ausfuhr von feststehenden Maschinen mit innerer Verbrennung (Verbrennungs-, Explosions- und Hochofengasmotoren) aus Deutschland und ihr Verhältnis zur Ausfuhr aller Maschinen und zur Gesamtausfuhr zeigen die Tabellen 26 und 27.

Tabelle 26.

Die Ausfuhr aus Deutschland der Menge nach.[305])

Jahr	Gesamtausfuhr in Waren		Maschinenausfuhr			Feststehende Verbrennungs-Kraftmaschinen nach 894 e[306])		
	1000 t	Verhältnis zu 1913	1000 t	v. H. der Gesamt-Ausf.	Verhältnis zu 1913	1000 t	v. H. der Masch. Ausf.	Verhältnis zu 1913
1912	65 603	89	539	0,82	91	25,5	4,75	88
1913	73 751	100	594	0,81	100	29,0	4,88	100
1922	21 562	29	491	2,28	83	23,4	4,78	81
1923	12 766	17	311	2,44	52	19,1	6,15	66
1924	15 893	22	271	1,70	46	13,0	4,80	45
1925	38 324	39	369	0,96	62	23,0	6,41	79
1926	60 570	82	393	0,65	66	23,7	6,02	82
1927*	60 406	82	458	0,76	77	24,0	5,23	83
1928*	60 875	82	538	0,89	91	27,4[307])	5,10	94

* Während bis einschl. 1926 die Zahlen ausschl. Reparationslieferungen gelten, sind diese ab 1927 mit enthalten.

Tabelle 27.

Die Ausfuhr aus Deutschland dem Wert nach.[305])

Jahr	Gesamtausfuhr in Waren	Maschinenausfuhr		Feststehende Verbrennungskraftmasch. nach 894 e[306])	
	1 000 M bzw. RM	1 000 M bzw. RM	v. H. der Gesamtausfuhr	1 000 M bzw. RM	v. H. der Maschinenausfuhr
1912	9 099 529	630 310	6,90	29 432	4,67
1913	10 181 978	678 382	6,67	32 275	4,75
1922	—	—	—	—	—
1923	—	—	—	—	—
1924	6 548 464	466 211	7,13	16 273	3,50
1925	8 798 497	656 308	7,45	34 857	5,32
1926	9 819 380	713 473	7,27	38 676	5,43
1927*	10 822 919	870 218	7,70	43 756	5,04
1928*	12 330 843	1 061 387	8,65	48 379[307])	4,56

* Vgl. Anm. zu Tabelle 26.

[305]) Nach den Dezemberheften der „Monatlichen Nachweise für den auswärtigen Handel Deutschlands“ 1913, 1922 bis 1928.

Wie gross der Anteil der Dieselmaschinen an den Werten der Position 894 e ist[306]), war bis 1927 einschliesslich nicht festzustellen. Erst 1928 wurden erstmalig die Dieselmotoren von den anderen Verbrennungsmotoren getrennt und in einer besonderen Position 894 e[1] aufgeführt. Es ergab sich hieraus eine Dieselmotorenausfuhr von 22 206,2 t bzw. 38 178 000 RM oder 81 bzw. 79 v.H. der gesamten Position 894 e. Da sich der Anteil der Dieselmaschinen in den letzten Jahren gesteigert haben dürfte, wird man für die in der ganzen Tabelle angeführten Jahre mit einem Durchschnitt von etwa 65 v.H. rechnen können. Die sich so ergebenden Werte stimmen mit den oben gemachten Angaben der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, also eines einzigen deutschen Werkes, ganz gut überein.

Im Rahmen der deutschen Gesamtausfuhr bedeuten die sich hieraus ergebenden Zahlen nur einen kleinen Bruchteil, trotzdem sind sie aber nicht

Tabelle 28.

Die Ausfuhr an deutschen feststehenden Wärmekraftmaschinen.[305])

Jahr	893 A 2, A 3, 894 a, 894 b[308])			894 e			
	t	1000 M bzw. RM	Verhältnis zu 1913 (a. Gew. bez.)	t	1000 M bzw. RM	v. H. der anderen Wärmekraftmaschinen Gewicht	Preis
1912	25 933	27 878	100	25 550	29 432	99	105
1913	25 891	28 578	100	29 049	32 275	112	112
1922	16 594	—	64	23 379	—	141	—
1923	11 250	—	44	19 108	—	169	—
1924	5 850	7 190	23	12 988	16 273	222	227
1925	8 621	11 414	33	23 013	34 857	267	305
1926	7 167	10 044	28	23 680	38 676	330	387
1927*	7 040	10 366	27	23 957	43 756	341	423
1928*	10 780	17 204	42	27 398	48 379	255	282

* Vgl. Anm. zu Tabelle 26.

[306]) Die Position 894 e des Abschnitts 18 A des deutschen Zolltarifs enthält: Feststehende Verbrennungs-, Explosionsmotoren; Hochofengasmotoren.

[307]) 1928 sind zum ersten Male die Dieselmotoren von den anderen Verbrennungsmotoren der Pos. 894 e getrennt und in einer besonderen Pos. 894 e[1] aufgeführt.

[308]) Es enthalten die Positionen 893 A 2, A 3, 894 a und b des Abschnittes 18 A des deutschen Zolltarifes:
893 A 2 (bis 1924 bezeichnet mit 893 b) Dampflokomobilen bis 60 dz das Stck.
893 A 3 (bis 1924 bezeichnet mit 893 c) Dampflokomobilen über 60 dz das Stck.
894 a Dampfmaschinen
894 b Dampf-, Gasturbinen.
Die Position 894 d (Verbrennungs-, Exlosionsmotoren zum Antrieb von Fahrzeugen aller Art) ist in den Tabellen 26 bis 28 nicht berücksichtigt, trotzdem auch hier noch ein Teil Dieselmotoren enthalten sein dürfte.

zu unterschätzen. Um eine Vergleichsmöglichkeit zu haben, geben wir in Tabelle 28 noch eine Zusammenstellung der Ausfuhrzahlen sämtlicher übrigen Wärmkraftmaschinen.

Aus Tabelle 28 ergibt sich, dass bei einer Annahme von 65 v.H. der Position 894 e für die Dieselmaschinen, die Ausfuhr dieser Maschinen in den Jahren 1925 bis 1927 über doppelt so gross gewesen ist, wie die der anderen Wärmekraftmachinen zusammen.

Als hauptsächliche Abnehmer für feststehende deutsche Verbrennungskraftmaschinen (im Sinne der Position 894e) kamen nach dem Kriege Spanien, Argentinien, Aegypten, Brasilien, Griechenland, Rumänien und Mexiko in Frage. Nach verschiedenen anderen Ländern war die Ausfuhr bis jetzt wegen der hohen Einfuhrzölle auf deutsche Dieselmaschinen (30 v.H. des Wertes in U.S.A.) fast unmöglich; hier können nur weitere Handelsverträge eine Besserung schaffen.

Schluss.

Wir haben gesehen, wie die Dieselmaschine in den rund 30 Jahren, die seit dem Probelauf der ersten Maschine verflossen sind, sich in alle Gebiete des Wirtschaftslebens in der ganzen Welt Eingang verschafft hat. Dreissig Jahre sind keine sehr lange Zeit für die Einführung einer gänzlich neuartigen Maschine, denn zumindest die ersten zehn Jahre waren nötig, um sie soweit zu bringen, dass sie in technischer Beziehung einwandfrei war. Danach aber wusste man noch nichts über ihre wirtchaftliche Brauchbarkeit, denn erst nach einem längeren Zeitraum ist die Abnutzung festzustellen. Setzt man als normale Lebensdauer einer solchen Kraftmaschine fünfzehn Jahre an, so ist die Erprobungszeit der Dieselmaschine erst vor wenigen Jahren abgelaufen. Wir sind also erst jetzt, nachdem sie die Probe bestanden hat, so weit, sie als vollwertig neben die anderen, älteren Kraftmaschinen zu stellen.

Da, wo sie einigermassen günstige Brennstoffpreise vorfindet, ist ihre Bedeutung für die Volkswirtschaft klar zu erkennen, denn durch ihren geringen Brennstoffverbrauch verbilligt sie den Betrieb und damit die Gestehungskosten der Waren, ganz gleich ob es sich um ihre Anwendung in der Krafterzeugung, in der Produktion oder im Transportwesen handelt. Ihre Anwendung wird daher in den kommenden Jahren hier stark zunehmen.

In Deutschland, wo sie leider nach dem Kriege diese günstigen Verhältnisse nicht findet, ist ihr auf vielen Gebieten das Vordringen sehr erschwert; trotzdem nimmt auch hier ihre Zahl, besonders in der Kleinindustrie und im Verkehrswesen ständig zu.

Die deutsche Dieselmaschinen-Industrie aber nimmt eine so hervorragende Stellung in der Welt ein, dass etwa die Hälfte aller ihrer Aufträge aus dem Auslande stammt.

Literaturverzeichnis.

Barth, Friedrich: Die zweckmässigste Betriebskraft, 3. Aufl. Bd. 2 (Samml. Göschen Bd. 225) Berlin und Leipzig.

Barth, Fr.: Wahl, Projektierung und Betrieb von Kraftanlagen, Berlin 1922.

Berthold, K. P.: Untersuchungen über den Standort der Maschinenindustrie in Deutschland (Diss.), Jena 1924.

Besenfelder, E. R.: Die staatswirtschaftliche Verwertung der Kohle, Berlin 1919.

Brown, H.: Ueber Diesel-elektrische Lokomotiven im Vollbahnbetrieb, Zürich 1924.

Chalkley: Dieselmaschinen für Land- und Schiffsbetrieb, Berlin 1912.

Conrad, J.: Grundriss der politischen Oekonomie, Jena 1922.

Diesel, Rudolf: Die Entstehung des Dieselmotors, Berlin 1913.

Dieselmaschinen, V. D. I.-Verlag, Berlin 1923.

Dieselmaschinen II, V. D. I.-Verlag, Berlin 1926.

Dieselmaschinen III, V. D. I.-Verlag, Berlin 1927.

Dieselmaschinen IV, V. D. I.-Verlag, Berlin 1929.

Engler, C. und von Höfer, H.: Das Erdöl usw., Bd. 4, Leipzig 1916.

Faber, A.: Die neueste Entwicklung der Welterdölwirtschaft und die Mineralöllage Deutschlands, Halle (Saale) 1926.

Franz, Herm.: Rohölbootsmotoren, Berlin 1919.

le Gallon, Y.: Théorie succincte, description, conduite et entretien du Moteur Diesel, Paris 1925.

de Grahl, G.: Wirtschaftliche Verwertung der Brennstoffe, München und Berlin 1921.

Güldner: Verbrennungskraftmaschinen, Berlin 1914.

Handwörterbuch der Staatswissenschaften, 4. Aufl., Jena 1926, Bd .7, Art.: Seeschiffahrt von Helander und Haslinger.

Hardy, A. C.: Motorshipping, London 1928.

Hütte, des Ingenieurs Taschenbuch, 22. Aufl. Bd. 1 und 2, Berlin 1915.

Jahr, H.: Vorschriften über Anlegung, Untersuchung und Betrieb von Dampfkesseln usw., Hagen i. W. 1925.

Jahrbuch der Brennkrafttechnischen Gesellschaft E. V., Berlin 1924, Bd. 5.

Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft, Bd. 27 (1926).

Jentzsch, H.: Flüssige Brennstoffe, Berlin 1926.

Josse, E.: Neuere Kraftanlagen, München und Berlin 1922.

Kirschke, A.: Die Gaskraftmaschinen, Berlin 1922.

Klamroth: Schiffsmaschinenkunde, Berlin 1916.

Krüger, K. und Poschardt, G. R.: Die Erdölwirtschaft der Welt, Stuttgart 1926.

Kruspi, Fr.: Gegenwart und Zukunft der deutschen Maschinenindustrie, Berlin 1926.

Lange, Karl: Der Einfluss der Handelspolitik auf die Maschinenausfuhr, („Maschinenbau", Bd. 6, 1926).

Lloyds Register of Shipping, London 1926 bis 1929.

Löffler-Riedler: Oelmaschinen, Berlin 1916.

Lomonossoff, G.: Die Diesel-elektrische Lokomotive, Berlin 1924.

Lomonossoff, G.: Diesellokomtiven, Berlin 1929.

Maier, A.: Die flüssigen Brennstoffe (Heiz- und Treiböle) in Technik und Wirtschaft, (Diss.) Berlin 1925.

Marr, Otto: Die neueren Kraftmaschinen, München und Berlin 1904.

Meyer, P.: Beiträge zur Geschichte des Dieselmotors, Berlin 1913.

Monatliche Nachweise über den auswärtigen Handel Deutschlands, herausgegeben vom Statistischen Reichsamt, Dezemberhefte 1912, 1913, 1922 bis 1928.

Morrison, L. H.: The Diesel Engines Position in American Industrie (Sonderdruck aus der Zeitschrift „Power" vom 11. 1. 1927), New York 1927.

Motorship Yearbook 4 ed. 1926 New York.

The Motor Ship Reference Book for 1928, London 1928.

The Motor Ship Reference Book for 1929, London 1929.

Naumann, Friedr.: Neudeutsche Wirtschaftspolitik.

v. Oechelhäuser, W.: Technische Arbeit einst und jetzt, Berlin 1906.

Perry-Meuth: Die Dampfmaschinen einschliesslich der Dampfturbine und Gas- und Oelmaschine, Leipzig und Berlin 1909.

Rathenau, Walter: Probleme der Friedenswirtschaft, Berlin 1917.

Regenbogen, C.: Der Dieselmotorenbau auf der Germaniawerft. Sonderabdruck aus dem Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft 1913.

Reinsch, A.: Das erste Dieselauto (Diss. Te. H.), Berlin 1923.

Rosbloom: Diesel and Oil Engine Hand Book. Los Angeles, California 1923.

Schiffahrts-Jahrbuch 1926. Hamburg 1926.

Schenker, W.: Brennstoffe und Schmieröle für Dieselmotoren, Winterthur (Schweiz) 1919.

Schmidt, Bernh.: Oekonomik der Wärmeenergien, Berlin 1911.

Schneider, Ludwig: Die Abwärmeverwertung im Kraftmaschinenbetrieb, Berlin 1912.

Schumacher, Hermann: Weltwirtschaftliche Studien, Leipzig 1911.

Seiliger, M.: Die Hochleistungsdieselmotoren, Berlin 1926.

Seufert, F.: Bau und Berechnung der Verbrennungskraftmaschinen, Berlin 1922.

Sombart, W.: Der moderne Kapitalismus, Bd. 3. Das Wirtschaftsleben im Zeitalter des Hochkapitalismus, München und Leipzig 1927.

Staepken, A.: Kraftölwirtschaft in Deutschland (Diss.), Berlin 1927.

Statistik der Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V., Berlin 1925.

Statistik 1927 der Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V., Dortmund 1928.

Statistik des Deutschen Reichs, verschiedene Bände.

Statistisches Jahrbuch des Deutschen Reichs, Jahrg. 1913/14, 1924 bis 1929.

Stodola, A.: Dampf- und Gasturbinen, Berlin 1924.

Urbahn-Reutlinger: Ermittlung der billigsten Betriebskraft für Fabriken, Berlin 1913.

Vater, R.: Die neuen Wärmekraftmaschinen I, Berlin 1914.
Vater, R.: Die neuen Wärmekraftmaschinen II, Berlin 1922.
Viertesjahreshefte zur Statistik des Deutschen Reichs, Jahrg. 1926 bis 1929.
Welsch, S.: Der Glühkopfmotor, Berlin 1925.
Weltwirtschaftliches Archiv, Bd. 24 (1926 II).
Wolf, Julius: Die Volkswirtschaft der Gegenwart und Zukunft, Leipzig 1912.
Woytinsky, Wl.: Die Welt in Zahlen, 4. Buch: Das Gewerbe, Berlin 1926.
Zöpfel, G.: Nationalökonomie der technischen Betriebskraft, Jena 1903.

Zeitschriften und Zeitungen.

Bayrisches Industrie- und Gewerbeblatt, Jahrg. 1912.
Chaleur et Industrie, Paris, Bd. 7 (1926).
Electrical World, New York, Bd. 81 (1923).
Elektrizitätswirtschaft, Mitteilungen der Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V., 25. Jahrg. (1926).
Elektrotechnik und Maschinenbau, Wien, Bd. 43 (1925).
Elektrotechnische Zeitschrift((E.T.Z.), Berlin, Jahrg. 1924 bis 1928.
The Engineer, London, Bd. 140 (1925) und Bd. 143 (1927).
Engineering, London, Jahrg. 1925 bis 1929.
Gasmotorentechnik, Jahrg. 1909 bis 1922.
Glasers Annalen, Bd. 99 (1926).
Hansa, Deutsche nautische Zeitschrift, Hamburg, 56. Jahrg. (1919) und 62. Jahrg. (1925).
Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, Berlin, 61. Jahrg. (1918) und 62. Jahrg. (1919).
Kraft und Stoff, Beilage der „Deutschen Allgemeinen Zeitung“ (D.A.Z.), Jahrg. 1926 und 1927.
Marine Engineering, New York, Bd. 30 (1925).
Maschinenbau — Wirtschaft, verschied. Jahrgänge.
Mechanical Engineering, New York, Jahrg. 1924 bis 1929.
Motor und Auto, Jahrg. 1922.
Motorschiff und Motorboot, Berlin, 14. Jahrg. (1917).
The Motorship, London, Jahrg. 1925 bis 1929.
Motorship, New York, 10. Jahrg. (1925) und 13. Jahrg. (1928).
Oel- und Gasmaschine, Jahrg. 1919 bis 1921.
Der Oelmotor, Berlin-Wien-London, Jahrg. 1919 und 1915.
Power, New York, Jahrg. 1925 bis 1927.
Railway Age, New York, Bd. 79 bis 82 (1925 bis 1928).
Schiffbau, Berlin, Jahrg. 1919 und 1924 bis 1926.

Technik und Wirtschaft, verschied. Jahrgänge.
La Technique Moderne, Paris, 16. Jahrg. (1924).
Umschau in Technik und Wirtschaft, Beilage der Vossischen Zeitung, 1926.
V. D. I.-Nachrichten, Jahrg. 1924 bis 1929.
V. D. I., Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure, (Z. V. D. I.), Jahrg. 1893 bis 1929.
Verkehrstechnik, Berlin, Bd. 6 (1925).
Werft, Reederei, Hafen, mit Beilage „Das Motorschiff". Jahrg. 1924 bis 1929.
Wirtschaftsdienst, Hamburg, 8. bis 14. Jahrg. (1923 bis 1929).
Wirtschaftsmotor — Nutzmotor, Berlin, 6. Jahrg. (1924).
Wirtschaft und Statistik, Berlin, Jahrg. 1925 bis 1929.
Zeitschrift des Bayerischen Revisionsvereins, München, 27. Jahrg. (1923).
Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen, Jahrg. 1904.

Ausserdem Propagandamaterial, Prospekte und Lieferverzeichnisse der grossen Dieselmotorenwerke.

Lebenslauf.

Am 10. Februar 1893 wurde ich, Kurt Danielewicz, als Sohn des Rechtsanwalts Dr. Robert Danielewicz zu Berlin geboren. Meinen Schulunterricht genoss ich hier auf dem Askanischen Gymnasium, das ich 1914 mit dem Abiturientenzeugnis verliess. Bei Kriegsausbruch meldete ich mich als Kriegsfreiwilliger und war vom 4. September 1914 bis zum 10. Dezember 1918 ununterbrochen im Felde. Nach Kriegsende bezog ich die Technische Hochschule zu Charlottenburg, an der ich acht Semester Maschinenbau studierte. Durch die schwierigen wirtschaftlichen Verhältnisse der Inflationszeit war ich gezwungen, die Hochschule vor Ablegung des Diplomexamens zu verlassen und eine Stellung anzunehmen. An der hiesigen Universität, an der ich seit dem Wintersemester 1921/22 bei der philosophischen Fakultät eingeschrieben war, studierte ich die Staatswissenschaft während acht Semestern. Ich habe eine grosse Zahl volkswirtschaftlicher und juristischer Kollegs bei den verschiedenen Dozenten der Universität gehört, war je zwei Semester Mitglied in dem volkswirtschaftlichen Proseminar des Herrn Professor Bernhard und in dem arbeitsrechtsrechtlichen Seminar des Herrn Professor Kaskel. Ferner gehörte ich mehrere Semester dem Seminar und einem kleinen Arbeitszirkel des Herrn Professor Meerwarth an. Vom Sommersemester 1925 bis zur Ablegung meines Doktor-Examens am 25. Februar 1928 war ich Mitglied im Seminar des Herrn Geheimrat Schumacher, dem ich für seine freundliche Unterstützung bei der Wahl des Themas zu Dank verpflichtet bin.

Willy Engemann
Berlin SO 36
Waldemarstrasse 51